

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA**

Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Ostrava 2017

Bc. Radek Číhal

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA**

Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

**OPTIMALIZACE NAKLÁDKY A NAVÁŽKY  
MATERIÁLU V KAMENOLOMU HRABŮVKA**

**AN OPTIMAZATION OF LOADING AND  
TRANSPORT MATERIAL IN THE STONE QUARRY  
HRABŮVKA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Autor:**

Bc. Radek Číhal

**Vedoucí diplomové práce:**

Ing. Martin Hummel Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radek Číhal**  
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny  
Studijní obor: 2102T012 Využívání zdrojů stavebních nerostných surovin  
Téma: **Optimalizace nakládky a navážky materiálu v Kamenolomu Hrabůvka**  
**An Optimization of Loading and Transport Material in the Stone Quarry Hrabůvka**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Charakteristika kamenolomu Hrabůvka
3. Popis stávajícího stavu technologie těžby
4. Možnosti zlepšení systému nakládání a dopravy
5. Technicko-ekonomické zhodnocení
6. Závěr

Rozsah závěrečné práce 50-70 normostran.

Seznam doporučené odborné literatury:

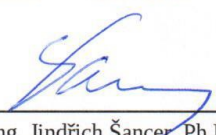
KRYL, V. a kol.: *Povrchové dobývání ložisek*. 1. vyd. VŠB Technická univerzita Ostrava, 1997. 282 s. ISBN 80-7078-396-6  
JEŘÁBEK, K., HELEBRANT, F., JURMAN, J., VOŠTOVÁ, V.: *Stroje pro zemní práce; Silniční stroje*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1995. ISBN 80-7078-389-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

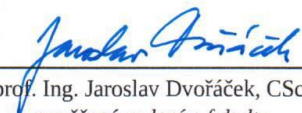
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Hummel, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017

  
Ing. Jindřich Šancer, Ph.D.  
vedoucí institutu



  
prof. Ing. Jaroslav Dvořáček, CSc.  
pověřený vedením fakulty

## Prohlášení autora diplomové práce

- Celou diplomovou práci včetně příloh jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Přílohu č. 1 a č. 2 jsem samostatně doplnil. Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěné v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo-diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne: 10. 4. 2017

Bc. Radek Číhal



## ANOTACE

Diplomová práce řeší problematiku nakládky a navážky materiálu v kamenolomu Hrabůvka. Řešení této problematiky přinese efektivnější využití těžební a navážkové techniky.

Úvodem diplomové práce je popsán kamenolom Hrabůvka z hlediska historie a petrografie. Okrajově je zmíněna technologie výroby a expedice hotových výrobků. Podrobněji pak bude vyličen současný stav nakládky a navážky materiálu a to dvěma způsoby, které budou mezi sebou porovnány. Díky výstupům z výpočtů bude navrženo vhodné řešení pro zlepšení současného stavu. V závěru nebude chybět ani ekonomické zhodnocení tohoto řešení.

**Klíčová slova:** Dumper, rypadlo, cyklus, Hrabůvka

## Annotation

The master thesis deals with the problematic of the loading and portioning of material in the stone quarry Hrabůvka. A solution of this problem will bring more efficient utilization of the mining and portioning techniques.

The introduction of the thesis describes the quarry Hrabuvka in terms of history and petrography. The technology and shipping finished products are mentioned marginally. More details will be paid on the portrayal of the current state of the two different ways of loading and portioning of the material, which will be compared to each other. The outputs from the calculations will be used to propose appropriate solutions to improve the current situation. In the end there will also be an economic evaluation of this solution.

Key words: Dumper, excavator, cycle, Hrabůvka

Děkuji vedoucímu této diplomové práce Ing. Martinu Hummelovi Ph.D. za vedení, připomínky a odbornou pomoc při vypracování mé diplomové práce. Děkuji také panu Vladimíru Michalcovi majiteli firmy Michalec za poskytnuté materiály.

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1 ÚVOD .....   | 1  |
| 2 CHARAKTERISTIKA KAMENOLOMU HRABŮVKA .....            | 2  |
| 2.1 Poloha kamenolomu .....                            | 2  |
| 2.2 Petrografie a geologická stavba ložiska .....      | 3  |
| 2.3 Odvodnění lomu .....                               | 3  |
| 2.4 Zásoby na ložisku .....                            | 4  |
| 3 TECHNOLOGIE VÝROBY A EXPEDICE HOTOVÝCH VÝROBKŮ ..... | 6  |
| 3.1 Úprava kameniva .....                              | 6  |
| 3.1.1 Primární uzel drcení .....                       | 6  |
| 3.1.2 Sekundární uzel drcení .....                     | 8  |
| 3.1.3 Terciární stupeň drcení .....                    | 9  |
| 3.1.4 Finální třídírna .....                           | 10 |
| 3.2 Expedice hotových výrobků .....                    | 13 |
| 4 NAKLÁDKA A NAVÁŽKA RUBANINY SOUČASNÝ STAV .....      | 14 |
| 4.1 Těžební stroje .....                               | 14 |
| 4.1.1 CAT 988 G .....                                  | 14 |
| 4.1.2 CAT 330 .....                                    | 19 |
| 4.2 Navážka materiálu .....                            | 20 |
| 4.2.1 Dumper HD 405 -7 .....                           | 20 |
| 4.2.2 Dumper HD 605-7 EO .....                         | 23 |
| 4.3 Kapacita automobilové dopravy .....                | 24 |
| 4.3.1 Těžba ze sedmé etáže .....                       | 25 |
| 4.3.2 Těžba ze třetí a šesté etáže .....               | 29 |
| 4.3.3 Těžba ze třetí a páté etáže .....                | 43 |

|  |    |
|--|----|
| 4.3.4 Těžba ze třetí a čtvrté etáže.....               | 49 |
| 4.3.5 Těžba z páté a čtvrté etáže .....                | 54 |
| 4.3.6 Těžba z šesté a čtvrté etáže .....               | 58 |
| 4.3.7 Těžba z páté a šesté etáže .....                 | 62 |
| 4.4 Shrnutí současného stavu nakládky a navážky .....  | 65 |
| 5 VÝBĚR RYPADLA .....                                  | 69 |
| 5.1 Podmínky výběru .....                              | 69 |
| 5.2 Rypadlo Komatsu PC 490 LC-11 .....                 | 73 |
| 5.3 Rypadlo CAT 352F.....                              | 77 |
| 5.4 Porovnání obou rypadel a výběr jednoho z nich..... | 81 |
| 5.4.1 Pracovní dosah rypadel.....                      | 81 |
| 5.4.2 Nosnost rypadel .....                            | 81 |
| 5.4.3 Celkové zhodnocení rypadel.....                  | 82 |
| 6 VÝBĚR DUMPERU .....                                  | 83 |
| 7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU .....                   | 84 |
| 8 ZÁVĚR .....  | 85 |
| 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....                      | 86 |
| 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....                       | 88 |
| 11 SEZNAM OBÁZKŮ .....                                 | 89 |
| 12 SEZNAM TABULEK .....                                | 90 |
| 13 SEZNAM PŘÍLOH.....                                  | 91 |



## 1 ÚVOD

Kamenolom Hrabůvka je s produkcí 1 000 000 tun za rok jedním z největších výrobců drceného kameniva v České republice. Vyrábí širokou škálu výrobků od úzkých frakcí počínaje frakcí 0/2 přes 63/125 až po široké frakce 0/200, 0/125, 0/63 a 0/32.

V našem regionu se nachází na 25 km<sup>2</sup> čtyři lomy. Problém tedy dnes není nedostatek některých frakcí, ani jejich množství, ale spíše neustálý tlak na co nejnížší cenu. Pokud nechceme snižovat zisky společnosti, musíme se pokoušet snižovat výrobní náklady. Jednou z možností jak toho docílit je maximální využití nakládky a navážky kameniva a na to navazující využití technologické linky.

V kamenolomu Hrabůvka pracuji jako směnový technik a proto vím o problémech spojených s navážkou materiálu. Často se stává, že buď není dostatečné množství navezené rubaniny, nebo naopak navážková auta u násypky stojí a čekají na vysypání.

Cílem mé diplomové práce je proto posoudit navážku a nakládku kameniva do technologické linky a navrhnout vhodná řešení pro zlepšení tohoto stavu.

Řešení se opírá o

- Měření časů nakládky a navážky, která jsem prováděl v průběhu roku 2016.

- Kapacitní výpočty dopravy
- Program Unipos, který shromažďuje informace o spotřebě nafty jednotlivých strojů

## 2 CHARAKTERISTIKA KAMENOLOMU HRABŮVKA

### 2.1 Poloha kamenolomu

Kamenolom Hrabůvka je součástí Nízkého Jeseníku, přesněji jihozápadního podhůří Oderských vrchů, a nachází se asi 5 km severozápadně od Hranic na Moravě. Ložiskové území leží ve vzdálenosti 1 km od dálnice D1 mezi Lipníkem nad Bečvou a Hranicemi na Moravě a po stranách je ohraničeno silnicemi Velká - Radíkov a Velká – Lhotka (viz obrázek č. 1 a obrázek č. 2). Kamenolom je sedmi etážový s délkou asi 1 km a šířkou 400m. [1]

Kamenolom Hrabůvka je významným výrobcem přírodního drceného kameniva a těžba se zde provádí již od roku 1900.



Obrázek č. 1: Turistická mapa s obcí a kamenolomem Hrabůvka (zdroj [www. mapy.cz](http://www.mapy.cz))



Obrázek č. 2: Letecká mapa s obcí a kamenolomem Hrabůvka (zdroj [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

## 2.2 Petrografie a geologická stavba ložiska

Z petrografického hlediska se v ložiskovém území nacházejí droby, horniny flyšového charakteru a v malé míře také prachovité břidlice. Nej kvalitnější surovinou ložiska jsou droby, které tvoří asi třetinu ložiska. Zbýlý objem tvoří horniny flyšového charakteru, u nichž se střídavě mění poměr drob, prachovců a prachovitých břidlic. Droby jsou většinou jemnozrnné až středně zrné. [1]

Z hlediska rozmístění hornin v kamenolomu se v nadloží nacházejí slepence středně zrné až hrubozrnné o mocnosti asi 15 metrů. Jádro ložiskového území je pak tvořeno drobami o mocnosti 40 - 50 metrů a v podloží se nachází flyše o mocnosti 120 m. [1]

## 2.3 Odvodnění lomu

Blok hornin se odvodňuje do jezera v zatopené části lomu. Odtud se podzemní voda infiltruje narušeným skalním masivem a vyvěrá v prostoru prameniště Radíkovského potoka na kótě 290 m n. m. Kromě toho je území kamenolomu také odvodňováno na západě Uhřínovským potokem a na východě potokem Velička. [1]

Puklinové vody horninového masivu jsou společně se srážkovou vodou hlavními zdroji důlních vod. Přítok důlní vody do jezera je odhadován na  $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  a v současné době

hladina v jezeře kolísá na úrovni 270 – 290 m n. m. Voda z jezera se využívá v technologii výroby na skrápění úseků se zvýšenou prašností, na praní frakce 4/8 a na skrápění cest. Technologie zpracování drceného kameniva je řešena jako suchá.

Vzhledem k tomu, že spotřeba vody pro výrobu kameniva je asi poloviční, než činí přítok vody do jezera, je nutné vodu odčerpávat. Dalším důvodem odčerpávání je zatopení kóty 290 m n. m., kde se od 2015 těží. Odčerpávání zajišťuje ponorné čerpadlo OVBU 0804 s výkonem  $14 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ .

## 2.4 Zásoby na ložisku

V lokalitě kamenolomu Hrabůvka se vyskytují droby, prachovce, slepence, břidlice a flyš s různým poměrem drob, prachovců a břidlic. Tyto horniny mají velmi podobné technologické vlastnosti, proto je surovina dělena pouze na vhodnou k výrobě drceného kameniva a na horninu k výrobě nevhodnou, což je výkliz nebo technologický odpad. [2]

Množství suroviny nevhodné k výrobě kvalitního drceného kameniva činí cca 3% objemu ložiska. Všechna odtěžená surovina bude využita. Prachovce a jílovité břidlice jsou materiálem s horšími technologickými vlastnostmi než slepence a droby a proto byly v minulosti považovány za škodlivinu. V současné době jsou považovány za surovinu s možným využitím na méně náročných stavbách. Z toho důvodu je znečištění považováno za nulové. [2]

V kamenolomu Hrabůvka bylo v minulosti provedeno několik těžebních průzkumů odhadujících množství zásob na ložisku. Úbytek zásob na ložisku názorně vykreslují tři poslední.

První z nich byl proveden v letech 1987 až 1990, kdy bylo na ložisku vyčísleno celkem  $20\,858\,000 \text{ m}^3$  bilančních volných zásob v kategoriích B, C1 a C2. Což při měrné hmotnosti  $\rho = 2700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  činí  $56\,316\,6 \cdot 10^5 \text{ kg}$ . (Vyhodnocení průzkumných prací provedených do té doby na ložisku bylo shrnuto do závěrečné zprávy č. 02 87 4056 5 331 3808 1, jejíž součástí je návrh na schválení zásob se stavem ke dni 30. 9. 1990.) [1]

Druhý záznam stojící za zmínku je roční výkaz o pohybu stavu zásob výhradních ložisek nerostných surovin za rok 1999. Z něj vyplývá, že se na ložisku ke dni 1. 1. 2000 nacházelo celkem  $18\,903\,000 \text{ m}^3$  bilančních volných zásob surovin. [1]

Podle posledních výpočtů a podle ročního výkazu o pohybu a stavu zásob výhradních ložisek nerostných surovin za rok 2012 (GEO V-3-01) se na ložisku v DP Hrabůvka ke dni 31. 12. 2013 nacházelo celkem 13 867 000 m<sup>3</sup> bilančních volných zásob suroviny. [2]

Z těchto záznamů vyplývá, že pokud bude schválena změna POPD a při průběžné těžbě 1 000 000 t·rok<sup>-1</sup> budou tyto zásoby vydobyty do 31 let. [2]

Pokud změna POPD schválena nebude, je množství vytěžitelných zásob 4 265 000 m<sup>3</sup> což zajišťuje těžbu na 8 let. [2]

### **3 TECHNOLOGIE VÝROBY A EXPEDICE HOTOVÝCH VÝROBKU**

#### **3.1 Úprava kameniva**

Úprava kameniva je v kamenolomu Hrabůvka prováděna na třístupňové technologické lince s roční kapacitou přibližně 1 000 000 tun. Viz technologické schéma v příloze č. 2.

Linka byla uvedena do provozu roku 2004 a je schopná pracovat v plně automatizovaném provozu, na který dohlíží pouze jeden zaměstnanec z pracoviště velínu. V případě změny parametrů linky může tento pracovník do celého procesu zasáhnout.

Od spuštění technologické linky je tato schopna vyrobit frakce 0/4, 4/8, 8/16, 11/22, 16/32, 32/63, 63/125, 0/32 a 0/63. Celý proces úpravy kameniva je řešen suchou cestou, avšak pro zkvalitnění frakce 4/8 je možné tuto na konci technologické linky upravit mokrým procesem, čímž se vytváří frakce 4/8 praná a 0/4 praná. V roce 2012 došlo na lince k drobné rekonstrukci a nyní je možné vyrábět i frakci 100/300, která je vhodná jako pohledové kamenivo do gabionových zídek.

##### **3.1.1 Primární uzel drcení**

Primární uzel drcení je prvním krokem při výrobě drceného kameniva a má hned několik funkcí.

Jednou z nich je z navezené rubaniny bez drcení oddělit frakci 0/32 nebo 0/63. Separace těchto frakcí probíhá na dvou třídících. Na odhliňovacím třídíči 1600 x 4000 firmy Brauner a na vibračním třídíči Free Floo firmy Sandvik. Výhodou toho je, že drobný, místy zahliněný materiál jde mimo primární drtič a zbytečně tak nedochází k jeho opotřebování, zahlcování a k nalepování drobného materiálu na stěny drtiče.

Hlavní funkcí primárního stupně drcení je však podrcení bloků větších než 125 mm na frakci 125/300 a připravit tím materiál na vstup do sekundárního drtiče. K tomuto je použit jednospěrný čelistový drtič CJ 612 firmy Sandvik se vstupním otvorem 1200 x 1000 mm. Díky ultrazvukovému snímači hladiny, který reguluje podavače, je podávání materiálu do drtiče plně automatizováno.



Velín je na primárním uzlu vybaven obrazovkami kamer, které jsou nainstalovány v různých částech provozu. Obsluha má tak informace především z okolí násypky a tlamy drtiče. Díky tomu může ovlivnit podávání do drtiče a to hned dvěma způsoby. Jednak může přejít do plně ručního režimu, nebo lze seřizovat ultrazvuk pomocí programu v počítači. V roce 2016 byla nainstalována kamera také na finální třídírnu, takže obsluha vidí, pokud zde dojde ke zvýšení prašnosti. Na základě této informace pak může zapnout pomocné kropení, které bylo rovněž nainstalováno v témže roce. Pro snížení prašnosti je také prováděno zkrápění materiálu směsí vody a pěnidla.

Velké kusy horniny, které ucpou a zablokují vstupní otvor do drtiče, jsou pak rozbíjeny pomocí hydraulického kladiva firmy Davon.

Přeprava materiálu mezi jednotlivými částmi primárního stupně drcení je zabezpečena pomocí stabilních pásových dopravníků. Hlavními částmi těchto dopravníků jsou poháněcí stanice, vratná stanice, pryžový pás a elektrické příslušenství. Všechny dopravníky v technologii drcení kameniva mají jednobubnový pohon s jednou pohonnou jednotkou a napínání dopravníku je vyřešeno pomocí závaží nebo napínacích šroubů umístěných na vratné stanici. [4]



*Obrázek č. 3: Primární uzel drcení (foto autor)*

### 3.1.2 Sekundární uzel drcení

Hlavním úkolem sekundárního stupně drcení je především zdrobnění materiálu před posledním stupněm drcení a současně i výroba frakcí 0/8, 32/63, 32/63 B1, což jsou železniční šterky, a frakce 100/300.

Stěžejními stroji tohoto stupně drcení je kuželový drtič H 6800 firmy Sandvik a třídič Brauer 2400 x 6000 x 3.



Obrázek č. 4: Sekundární uzel drcení (foto autor)

Sekundární drtič H 6800 je kuželový ostroúhlý drtič s podepřeným kuželem a vstupním otvorem o průměru 2104 mm. Jeho hodinový výkon je  $600 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ . Součástí drtiče je systém Hydroset, který jednak umožňuje snadno a rychle změnit nastavení výstupní šterbiny, čímž chrání drtič před přetížením a současně pomocí akumulátoru detekuje nedrtitelné předměty, které se dostanou do drtiče. [6]

Podle mých mnohaletých zkušeností je však zřejmé, že tyto akumulátory nejsou schopny na nedrtitelný předmět včas zareagovat a tím dochází k poškození pláště drtiče.



Z toho důvodu jsou před vlastním drtičem nainstalovány indikátory kovu, které podávací dopravníky včas zastaví.

Kromě těchto součástí je sekundární stupeň drcení také opatřen vratným okruhem, kterým se do drtiče vrací nedostatečně podrcený materiál. Při výrobě železničních šteků, 32/63B1, se okruhem vrací také materiál 10/32 a část materiálu 32/63 a to v množství, které určí obsluha linky. Zajišťuje se tím vhodný tvarový index železničních šteků.

V minulosti byl drtič osazen mechanickými snímači hladiny, které měly za úkol zajistit optimální zaplnění drtiče. Nevýhodou tohoto řešení bylo, že drtič byl buď zcela zaplněn, nebo drtil s nedostatečně zaplněnou drticí komorou. Tato závada se podařila odstranit instalací ultrazvukového snímače, který přenáší do průmyslového počítače proudovou smyčku 4-20 mA. Tím dochází ke kontinuálnímu měření hladiny a k plynulejšímu ovládání vibračních podavačů a podávacího dopravníku. Zlepšil se tak tvarový index železničních šteků a rovněž dochází k plynulejšímu opotřebování drticích segmentů. Další velkou výhodou je daleko menší poruchovost celé regulace. Tyto závady byly způsobeny hlavně občasným poškozením mechanických snímačů hladiny, když snímače přicházely do styku rovnou s materiálem.

### **3.1.3 Terciární stupeň drcení**

Na terciárním stupni drcení dochází ke konečnému zdrobnění materiálu před finálním tříděním. Před terciárním stupněm drcení je zařazen třídič Metso, který má za úkol vytrdit z materiálu zrna větší než 12mm. Na třetím stupni drcení tak nedochází k zdrobňování těchto zrn a zvyšuje se tím množství vyrobené frakce 4/8.

Třetí stupeň je osazen drtičem Sandvik.

Drtič CH 550 firmy Sandvik je kuželový ostroúhlý drtič s podepřeným kuzelem a se vstupním otvorem o průměru 1540 mm. Jeho hodinový výkon je  $330 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  a stejně jako drtič na sekundární stupni drcení je i tento osazen systémem Hydroset.

Kromě samotného drcení umožňuje terciární stupeň rovněž přidávání materiálu rovnou na finální třídírnu mimo drtiče (pomocí nakladače nebo vyvážkového auta). Tento postup je používán, pokud dojde k poruše a tím ke znehodnocení některé úzké frakce.

Ze sekundárního uzlu sem přichází materiál 0/63. Množství frakce 0/8 obsažené v příchozím materiálu je závislé na tom, jestli se na sekundárním uzlu tato frakce vypouští nebo ne.

Při výrobě frakce 32/63 B1 na sekundárním uzlu se na terciéru zpracovává materiál 0/32.



*Obrázek č.5:Terciérní uzel drcení (foto autor)*

### **3.1.4 Finální třídírna**

Finální třídírna slouží k roztřídění příchozího materiálu na frakce 0/4, 4/8, 8/16, 11/22, 16/32 a 32/63. K tomuto jsou použity tři třídiče. Ve vstupu do třídírny je instalován třídič Euroklass, který vyrábí frakci 11/22. Podsítný materiál dále pokračuje na třídiči Hewitt Robins a nadsítný materiál na třídiči RT. Za finální třídírnou se pak nachází pračka materiálu 4/8, která je také osazena třídičem, a to třídičem ETD.

Třídič Euroklass je třídič s kruhovým pohybem určený ke třídění v oblasti jemného, středního a hrubého zrna od 1 do 120 mm, výjimečně i do 200 mm.

Tělo tohoto třídiče se skládá ze dvou bočních stěn, se systémem nosníků pružin, příčných nosníků a trubkové ochrany na hřídele zadních plechů. Použitý materiál odpovídá vysokým požadavkům na vibrační zařízení se zřetelem na pevnost, otěr a korozi. Stavební díly třídiče se nespojují svařováním, nýbrž nýtováním, což ještě zvyšuje kvalitu stroje. Hlavní přednosti nýtování jsou především v tom, že zde nedochází k žádnému tepelnému napětí jako při svařování a ve spoji je přesná a konstantní vysoká síla předpětí. Příčné nosníky mají ideální tvar pro vibrační pohyb a mohou být 100 % chráněny proti otěru. [7]

Třídič má ve svém těžišti budič výstřednosti a tím vytváří kruhové pohyby. Transport materiálu je potom zajištěn tím, že se stroj nakloní. Jelikož je třídič uložen na měkce nastavených pružinách, je přenášení sil do základů minimální. [7]

Třídič je také osazen budičem vibrace. Ten se skládá z excentricky uložené vibrační hřídele, pohybující se ve valivých ložiskách s olejovým mazáním, a vibračních kotoučů připevněných na symetrických čepech hřídele. Speciální těsnění třídiče účinně zabraňuje vnikání nečistoty do ložisek a rovněž zabraňuje průsakům. Pomocí vibračních kotoučů je možné nastavit amplitudu stroje. [7]

Třídič Euroklass má dvě síťové plochy a je opatřen polyuretanovými sítí. Ke třídění materiálu je možno použít také jiný systém sít jako jsou potahy z plastické hmoty, lisovaná svařovaná síta a příčně napínaná síta. [7]

Třídič Hewitt Robins je také třídič s kruhovým pohybem, tento je ale určený pro třídění jemného až středního zrna od 1 mm do 10 mm.

Třídič Hewitt Robins je osazen hned dvěma budiči výstřednosti, přičemž budící síla je dodávána pomocí dvou protizávaží, která jsou namontována na obou koncích hřídele. Takto vzniklá otáčivá síla pak způsobí kruhový pohyb vibračního rámu. Hřídel vibrátoru je na obou stranách uložena do ložisek speciální konstrukce a točí se proto v celé šířce stroje. Vibrátor má také zásobník oleje, který je rovněž umístěn po celé jeho šířce. Olejová náplň je společná pro všechny části stroje a proto vibrátor nepotřebuje žádné vnitřní olejové těsnění. [8]

Ložiska, do kterých je uložena hřídel vibrátoru, jsou vmontována do domečků, jež jsou přišroubovány k bočnici třídiče. Tentýž šroubový spoj současně připevňuje tubus vibrátoru. Protože je tento tubus namontován mezi bočnice vibračního rámu, je jednak vzájemně spojuje a současně kryje hřídel vibrátoru.

Třidič Hewitt Robins je opatřen příčně napínanými polyuretanovými sítí a má dvě síťové plochy. [8]

Třidič RT je vibrační třidič. Jeho vibrační síla je odvozena od excentrické hřídele, která díky systému smykových pružin a kyvných ramen způsobuje přímočarý pohyb skříní. I když je tento systém uložen v podpěrách, pevně spojených se základových rámem, při správném seřízení dochází jen k minimálnímu přenosu dynamických rázů do základů.

V kamenolomu Hrabůvka je třidič RT osazen gumovými sítí a je dvouplášťový.

Terciární stupeň drcení je osazen odsávacím zařízením. Důvodem je snížení prašnosti při výrobě kameniva. Všechny vstupy a výstupy z drtiče jsou proto maximálně zatěsněny a všechny netěsnosti jsou vyplněny PU pěnou. Což zamezí tlakovým ztrátám.

Samotné odsávání je poměrně složité zařízení a ke svému provozu potřebuje suchý stlačený vzduch, který zde slouží jako regenerace látkových filtrů. Pro vysoušení stlačeného vzduchu je zde použito poměrně komplikované zařízení. Vzduch pro regeneraci musí být suchý a čistý, aby nedocházelo k zanášení filtru a nalepování nasávaného prachu na filtry. Prachem znečištěný vzduch je pomocí ventilátoru nasáván do perforovaných trubek, na kterých jsou nasazeny látkové filtry. Tyto trubky jsou napojeny na pulzní trysky, které se v přesně stanovených intervalech otevřou a pod tlakem vypustí vzduch do několika trubek. Náraz vzduchu způsobí oklepnutí prachu z látkového filtru na turniket, odkud je šnekovým podavačem odváděn do zásobníku prachu. Zásobník prachu je osazen ultrazvukovým snímačem hladiny, aby obsluha na velínu věděla, kdy je nádoba na prach zcela plná. Zásobník prachu je následně nutné několikrát za týden vyvážet.

Za finální třídírnou se nachází zařízení určené k praní frakce 4/8. Díky tomuto praní získáváme vypranou frakci 4/8 a jako vedlejší produkt ještě pranou frakci 0/4.

Praná frakce 0/4 se v současnosti používá ve firmě Presbeton jako příměs do betonových výrobků.

Kvalita vstupního materiálu bývá obvykle velice proměnlivá a závisí hned na několika faktorech. Jednak na vlhkosti materiálů přicházejících z finální třídírny, na zrnitostní skladbě materiálu tříděného na třidiči Hewit Robbins a také na skutečnosti, zda se na sekundární stupni drcení vypouští frakce 0/8. Z těchto důvodů je podávací dopravník za síla 4/8 vybaven frekvenčním měničem, pomocí kterého se ručně mění množství

podávaného materiálu. Nevýhodou tohoto řešení je nutnost několikrát denně vizuálně kontrolovat kvalitu vyprané frakce 4/8 a podle potřeby pak následně upravovat frekvenci na měniči.

Samotná pračka je osazena třídíčem ETD 1,8 × 4 s kruhovým pohybem a dehydrátorem KD 90. V horní části tohoto třídíče je umístěno šest trysek, kterými se materiál zkrápí. Poslední sítová plocha je osazena drátěnými sítý pro lepší třídění. Při praní materiálu pochopitelně dochází ke vzniku kalů, které se sbírají do kalového pole. Aby se snížila spotřeba vody potřebné k praní, jsou mezi sebou nádrží na kaly a nádrží čisté vody propojeny přepadem. Pro urychlení sedimentace se do kalů přidává flokulační činidlo, které se předem připravuje v nádržích k tomu určených. Jde o zcela automatizovaný provoz. Obsluha pouze při denních prohlídkách kontroluje množství flokulantu a v případě jeho nedostatku ho doplní.

### **3.2 Expedice hotových výrobků**

Expediční pracoviště je vybaveno dvěma váhami. Jedna je určena pro přijíždějící auta, která se převažují před nakládáním a druhá pro již naložená auta.

Příjezdová váha byla vybudována v loňském roce, společně s modernizací odjezdové komunikace a výměny expediční budovy. Váha je osazena vnějšími snímači měření hmotnosti, takže nedochází k jejich znečištění a i čištění váhy je mnohem komfortnější, než jak tomu je u staré odjezdové váhy.

Na odjezdové váze je instalováno kropící zařízení, které se automaticky spouští při sjíždění auta z váhy.

Expedice je dále vybavena kompletním kamerovým systémem jak na příjezdu, tak na odjezdu. Expedientka má tak přehled o tom co se děje v okolí váhy.

Auta jsou nakládána dvěma kolovými nakladači CAT 980 a Liebherr A 800. Pokud je v zásobnících dostatek materiálu, řidiči si pomocí dálkového ovladače materiál na auta kladou sami. Pokud o materiál ze sil není zájem, musí ho vyvážet 30t vyvážkové auto značky MAN.

## 4 NAKLÁDKA A NAVÁŽKA RUBANINY SOUČASNÝ STAV

### 4.1 Těžební stroje

Z důvodů kvalitativně odlišného materiálu na jednotlivých etážích, je nutné provádět selektivní těžbu a stejně tak i nakládku na dvou místech.

V současnosti je nakládka řešena kolovým nakladačem CAT 988G a lopatovým rypadlem CAT 330 s hloubkovou lopatou.

V některých níže uvedených případech by nakládka na auta mohla být prováděna pouze jedním těžebním strojem a to kolovým nakladačem CAT 988G.

V minulosti byla těžba prováděna dvěma elektrickými rypadly E 303 a E 301. Nevýhodou těchto těžebních strojů byla nízká mobilita a značné stáří přesahující třicet let, což vyžadovalo velké nároky na údržbu. Stroje byly napájeny 6 kV kabely a přesuny byly proto zdoluhavé. Mezi jednoznačné klady lze vyzdvihnout především nízkou spotřebu energie na jednu vytěženou tunu. Rypadla se v současnosti již nepoužívají a čekají na sešrotování.

#### 4.1.1 CAT 988 G

CAT 988G je kolový kloubový nakladač.

*Technické údaje CAT 988 G:*

- Typ motoru Caterpillar 3456 EUI
- Celkový výkon 388 kW
- Výkon na setrvačnicku 354 kW
- Provozní hmotnost 50 183 kg
- Jmenovité užitečné zatížení 11,4 t
- Objem lžíce 7 m<sup>3</sup>
- Technická výkonnost 360 (m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>)

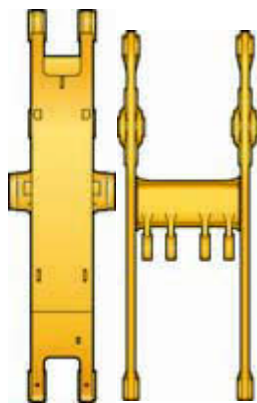
Rám je složen s navzájem svařovaných odlitků. Tyto odlitky zvyšují pevnost stroje tím, že snižují počet svařovaných dílů. Sváry jsou provedeny z více jak 90 % svařovacím robotem. [9]



*Obrázek č. 6: CAT 988G rám stroje [9]*

- 1) Spodní část rámu je provedena tak, aby s minimální hmotností zaručovala maximální pevnost. Rám se dopředu rozšiřuje a zajišťuje tak zlepšení přenosu tlačné síly. [9]
- 2) Z důvodu zvýšení odolnosti proti kroucení i celkové odolnosti stroje, má přední část rámu tvar věže. Zvedací pístnice jsou uchyceny přes čepy ve vysoko pevnostních trubkách, takže dobře tlumí nárazy a přenáší tažné síly. [9]
- 3) Spodní a horní otočný čep se otáčí na dvou kuželíkových ložiscích. [9]
- 4) O 26 % zvýšený prostor mezi otočnými čepy poskytuje větší prostor pro přístup k závěsu a k hydraulickému okruhu. [9]
- 5) Řídící pístnice jsou uchyceny k nápravě a poskytují efektivní přenos řízení. [9]

- 6) Nová konstrukce výložníku nahrazuje klasický ocelový výložník složený ze tří dílů. Nová konstrukce boxového výložníku usnadňuje servis, umožňuje rychlejší montáž a zvyšuje spolehlivost. Odlitky ve vysoce namáhaných místech zajišťují bezproblémové rozložení napětí, čímž zvyšují životnost stroje. [9]



Obrázek č. 7 :Nový a starý typ výložníku [9]

Hnací soustava zajišťuje špičkový výkon a trvanlivost v náročných podmínkách. Chladiče, vstřikovače, ložiska a písty zajišťují lehké starty, akceleraci a sílu. [9]



Obrázek č. 8: CAT 988G hnací soustava [9]

Palivový systém je elektronicky monitorován a podle náročnosti obsluhy optimalizuje výkon motoru. Vzduchové filtry jsou složeny z primárních a sekundárních



prvků s předfiltrem. Přísun paliva řídí jednotka (ADEM) - pokročilé diesellové motorové řízení. Tato jednotka řídí přísun paliva podle nadmořské výšky a při zaneseném vzduchovém filtru, nebo při studeném oleji neumožní náhlé akcelerace motoru. [9]

Chlazení stroje zajišťuje sedmi jádrový chladič, který zlepšuje možnosti chlazení pomocí paralelního toku. Velký průměr spojkové sady zajišťuje plynulý převod a tím rovněž zvyšuje životnost součástek. Při zvýšení teploty se olej z diferenciálu chladí přes olejový chladič. Tím se zvyšuje trvanlivost oleje a komponentů. Chlazení stroje je také vybaveno systémem Air-To-Air Aftercooler (ATAAC), což je hliníkový dochlazovač vzduchu. Horký vzduch přicházející do sání z turbodmychadla je ochlazován v dochlazovači vzduchu a značně se tak snižují emise zplodin. [9]

Přední a zadní nouzové brzdy jsou od sebe izolovány, takže jeden okruh funguje, i když v druhém okruhu poklesne tlak. Hydraulické brzdy jsou na všech čtyřech kolech lamelové, v olejové lázni zcela uzavřené, a umožňují modulovaný záběr. [9]



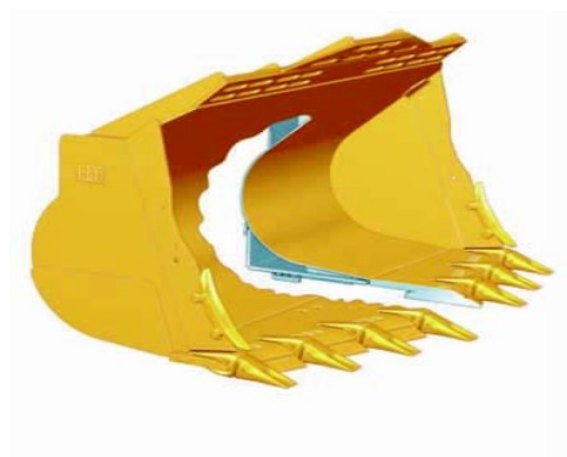
*Obrázek č. 9: CAT 988G hydraulické a elektronické systémy [9]*

Efektivní, dobře vyvážená hydraulika a elektronické ovládání znamenají vysoký výkon a výjimečnou vytrvalost. Elektro-hydraulický řídicí systém zvyšuje jak účinnost, tak i komfort obsluhy, a to díky ovladačům citlivými na dotyk pouze konečky prstů. Hadice XT-3 a XT-5 spolu se spolehlivými komponenty snižují riziko netěsností a pomáhají tak chránit životní prostředí. [9]

Vyspělá elektronika hraje významnou roli ve zlepšování produktivity a snižování nákladů. Monitorovací systém nepřetržitě kontroluje důležité části stroje a zajišťuje třístupňový systém varování. Upozorňuje obsluhu na bezprostřední nebo přetrvávající problémy. Vyhodnocuje informace z motoru, hydraulických a převodových ovládacích prvků, které zjednodušují servis stroje a odstraňování problémů. Monitorovací systém Caterpillar umožňuje nový software, který je nahrán přímo do kabiny stroje. Výložník lopaty je odpružený pomocí akumulátoru. To má za následek hladší a pohodlnější jízdu, což umožňuje materiál převážet při vyšších rychlostech. [9]

Kabina obsluhy splňuje nové standardy pro pohodlí a efektivitu. Objem kabiny je 3,18 m<sup>3</sup>. Volba řízení a řazení je kumulována v jednom ovládacím prvku, což vyžaduje méně úsilí pro obsluhu. Pohybem ze strany na stranu se ovládá řízení, prstem se ovládá směr jízdy a palcem lze řadit převodové stupně. Sedadlo je odpružené vzduchem a má ergonomický tvar. Rovněž je osazeno samonavíjecími pásy, nastavitelnou opěrkou hlavy a podpěrami rukou pro optimální komfort a vysokou produktivitu. Nakladač je osazen systémem řízení tažné síly na 90, 85, 75 a 60 % tahu obvodu kol. Strojník tak může nakladač nastavit do režimu, který se nejlépe hodí do daných terénních podmínek. [9]

Výčet všech funkcí, které má strojník k dispozici, je daleko větší a pro jejich rozsah je zde nebudu všechny vypisovat. Podrobné informace o funkcích, které má strojník k dispozici, jsou přístupné u výrobce. [9]



Obrázek č. 10: CAT 988G skalní lopata [9]

Objem lopaty je 7 m<sup>3</sup>. Všechny typy lopat jsou stavěny na stejném skeletu, který odolává zkroucení. Ze spodní strany lopaty jsou navařeny otěruvzdorné desky. Vrchní část

lopaty pak má ochranný skelet, proti vypadnutí kamene na výložník. Vyměnitelné zuby a bříty mezi zuby zabraňují poškození lžice a zlepšují záběr lopaty do hrubého materiálu. [9]

Nakladač je určen pro nakládání dumperů v rozmezí 40 t – 60 t.

#### 4.1.2 CAT 330

CAT 330 je pásové hydraulické rypadlo s hloubkovou lžicí.

*Technické údaje CAT 330:*

Typ motoru.....Cat c7.1 ACERT

Výkon.....175 kW

Maximální rychlost pojezdu.....5,1 km · h<sup>-1</sup>

Maximální tažná síla .....247 kN

Maximální provozní hmotnost .....29753 kg

Technická výkonnost .....177 (m<sup>3</sup>rz · h<sup>-1</sup>)



Obrázek č. 11: CAT 330 (foto autor)

Důležité hledisko k posouzení pracovních schopností stroje je uspořádání pracovního mechanismu. Významné je zejména upevnění lineárního hydromotoru zdvihu

výložníku k samotnému výložníku. Rozlišujeme dvě základní skupiny, jednak s výložníkem podepřeným anebo s výložníkem zavěšeným. Rypadla s výložníkem podepřeným dále dělíme podle toho, zda je výložník umístěný k ose rypadla nebo od osy rypadla. První způsob je výhodný v tom, že při dané výšce výsypu lze dosáhnout i značné hloubky výkopu. Druhý způsob je ve výškovém a vodorovném dosahu stejný, avšak hloubkový dosah je nižší. Výhodou, je naopak větší rypná síla. U rypadla CAT 330 jde o systém s výložníkem podepřeným k ose rypadla. [3]

Toto rypadlo je z hlediska výkonu, výkonnosti a velikosti lopaty, která má rozměr  $1,5 \text{ m}^3$ , pro lom nedostatečné, proto se jeho dalším popisem nebudu zabývat.

## 4.2 Navážka materiálu

### 4.2.1 Dumper HD 405 -7

Materiál je navážen třemi dumpery Komatsu.

Dva dumpery mají označení HD 405-7

*Technické údaje HD 405-7 :*

- Celková nosnost ..... 40 t
- Celková hmotnost ..... 75 200 kg
- Objem korby zarovnaná .....  $20 \text{ m}^3$
- Objem korby navršené (2:1) .....  $27,3 \text{ m}^3$
- Typ motoru..... Komatsu SAA6D 140E-5
- Výkon setrvačnicku ..... 371 kW
- Max. točivý moment ..... 2167 Nm
- Celková délka..... 8,4 m
- Celková výška ..... 4,2 m
- Celková šířka ..... 4,7 m
- Malý poloměr otáčení ..... 7,2 m
- Sedmi stupňová plně automatická převodovka [10]

Výhody toto pracovního stroje:

- Dlouhý rozvor a široký běhoun zajišťují vysokou stabilitu stroje

- Rám s vysokou pevností
- Protiskluzový systém ABS
- Centralizované uspořádání filtrů
- Centralizované mazací body
- Rozšířený interval výměny oleje
- Široká a prostorná kabina s výbornou viditelností
- Ergonomicky tvarovaný interiér kabiny
- Hydropneumatické odpružení (možné navolit tři režimy)
- Systém regulace prokluzu kol ASR [10]



*Obrázek č. 12: Komatsu HD405 (foto autor)*

Komatsu ve svém koncernu vyvíjí a vyrábí všechny hlavní komponenty, jako jsou motory, hydraulika a elektronika. Výsledkem je nová generace vysoce výkonných strojů šetrných k životnímu prostředí. Vysoce výkonný motor Komatsu SAA6D140E-5 s turbodmychadlem poskytuje vysoký točivý moment i při nízkých otáčkách, rychlejší akceleraci, vyšší cestovní rychlost a nízkou spotřebu paliva, která se pohybuje v závislosti na zatížení mezi 18 – 25 litry za hodinu. [10]

Stroj je možné používat ve dvou režimech, v režimu „Power“ nebo „Economi“. Volbu režimu provádí obsluha stroje na přepínači v kabině. Režim Power plně využívá výstupního výkonu a je vhodný v místech s vyšším stoupáním. [10]

Systém automatického nastavení volnoběžných otáček na 950 otáček za minutu umožňuje rychlé ohřátí motoru na hodnotu 50 C°. Potom volnoběžné otáčky opět klesnou na 725 otáček za minutu. [10]

Automatická převodovka vybere optimální převodový stupeň podle rychlosti vozidla, rychlosti otáček a s ohledem na nastavení, které bylo obsluhou provedeno. [10]

Automatická regulace „Retard speed“ umožňuje obsluze jednoduše nastavit rychlost jízdy ze svahu, čímž je udržována na konstantní hodnotě. Rychlost lze rovněž nastavit v krocích po 1 km. Pokud při jízdě dojde k překročení teploty oleje v hydraulice, automaticky se rychlost sníží pod nastavenou mez. Díky tomuto systému se může obsluha plně věnovat řízení. [10]

Dlouhý rozvor a široký běhoun s nízko položeným těžištěm zaručuje vynikající jízdní vlastnosti i při vyšších rychlostech na nerovném terénu. [10]

Široká korba zajišťuje snadnější nakládání. Korba je vyrobena z ořezávací oceli s vysokou pevností v tahu. Konstrukce ve tvaru V také zvyšuje její pevnost a poskytuje vynikající stabilitu nákladu. Boční a spodní část je vyztuženy žebry. [10]

Prostorná kabina, velká přední a boční okna zaručují obsluze výbornou viditelnost při jízdě. Čalouněná a odhlučněná kabina poskytuje řidiči dostatečný komfort. Sedadlo řidiče je standardně vybaveno bezpečnostním pásem, který má pět možností nastavení. Je odpružené, a tím zvyšuje jízdní komfort a současně snižuje únavu řidiče. Přídavná boční a přední zrcátka zvyšují bezpečnost. [10]

Hydropneumatické odpružení kol zajišťuje pohodlnou jízdu v terénu. Systém odpružení má dva režimy, automatický a manuální. Ručně lze volit mezi měkkým, středním a tvrdým odpružením. V automatickém režimu se odpružení nastaví podle provozních podmínek. Funkce „Skip-shift“ zajišťuje optimální rychlost jízdy zvolenou podle úhlu stoupání. Tato funkce snižuje četnost řazení. [10]

Hlavní spoje jsou vybavené uzavřenými DT konektory. Ty poskytují vysokou spolehlivost a odolnost proti vodě a prachu. [10]





Obrázek č. 13: DT konektor[10]

Komatsu jako první ve světě zavedl do stavebních strojů systém ABS. Tento systém zabráňuje zablokování pneumatik, čímž se při brždění za kluzkých podmínek minimalizuje smyk. [10]

Pokročilý monitorovací systém včas upozorňuje na potřebnou údržbu, snižuje diagnostické časy a upozorňuje na výměnu olejů a filtrů. Systém tím maximalizuje efektivní časový fond stroje. [10]

Kotoučové brzdy a plně hydraulický brzdový systém znamená nižší náklady na údržbu a vyšší spolehlivost. Brzdy jsou zcela uzavřené, čímž se snižuje opotřebení a četnost údržby. V systému jsou použity tři nezávislé hydraulické okruhy pro případ, že by v jednom z nich došlo k poruše. Z brzdového systému je zcela vyloučen vzduch, který způsobuje kondenzaci vody v okruhu. Proto zde nedochází ke korozi a zamrznutí. [10]

K dosažení minimálních provozních nákladů byly prodlouženy intervaly výměny olejů. Ty jsou u motorového oleje 500 hodin a u hydraulického 4000 hodin. Filtry jsou uspořádány centralizovaně, takže jsou snadno vyměnitelné. Mazací body jsou soustředěny pouze do tří míst. [10]

#### **4.2.2 Dumper HD 605-7 EO**

*Technické údaje HD 605-7 EO:*

- Celková nosnost 63 t
- Celková hmotnost 110 180 kg
- Objem zarovnané korby 29,8 m<sup>3</sup>
- Objem navršené korby (2:1) 40 m<sup>3</sup>
- Typ motoru Komatsu SAA6D 170E
- Výkon setrvačníku 533 kW
- Max. točivý moment 3 390 Nm

- Celková délka 9,4 m
- Celková výška 4,4 m
- Celková šířka 5,4 m
- Malý poloměr otáčení 8,5 m
- Sedmi stupňová plně automatická převodovka

Výhody a funkce dumperu jsou stejné jako u menšího typu HD 405-7. Rozdíly jsou pouze v rozměrech a výkonových ukazatelích.

### 4.3 Kapacita automobilové dopravy

Kapacita automobilové dopravy je dána několika faktory. Objemem korby vozidla, jízdní dobou (maximální rychlost, dopravní vzdálenost, čekání vozidla, aj.), manipulačními časy (plnění a vyprazdňování korby) a nosností vozidla. V průběhu roku 2016 jsem pomocí digitálních stopek několikrát měřil manipulační časy a jízdní doby z jednotlivých etází. Pochopitelnou roli zde hrají vzdálenosti jednotlivých těžebních pracovišť a jejich kombinace. V dalším výkladu popíši těžbu tak, jak probíhá v praxi.

Během roku se při tomto způsobu těžby denně průměrně zpracuje asi 4 800 tun rubaniny. Technologická linka může být denně 14 hodin v provozu. Pokud od těchto odečtu 2 hodiny na přestávky a střídání směn, mohu napsat, že linka je denně v provozu 12 hodin. Po vydělení tun hodinami dostávám číslo  $400 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ . Linka je však konstruována na kapacitu  $600 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Při práci v kamenolomu často dochází k situacím, kdy obsluha technologické linky hlásí nedostatečné zaplnění linky materiálem. Na druhou stranu si pracovníci zajišťující nakládku a navážku rubaniny stěžují, že musí čekat u primární násypky na její vyprázdnění. Na výpočtu kapacity automobilové dopravy doložím, zda jsou na vině chybně zvolené těžební a navážkové stroje, popřípadě organizace navážky a nakládky, nebo zda je problém v provozu technologické linky. Zhodnotím těžbu z jednotlivých etází a z nedostatků, které se budou opakovat, vyvodím návrhy řešení v kapitole 4.4.



#### 4.3.1 Těžba ze sedmé etáže

Sedmá etáž se nachází v nadmořské výšce 290 m n. m. Jak bylo popsáno výše, provádí se zde těžba vysoce kvalitní moravské droby pro výrobu železničních šterků. Tuto těžbu není možné kombinovat s těžbou z jiných etáží. Na této etáži je těžba prováděna buď z jednoho, popřípadě ze dvou rozvalů a vzdálenost od primární násypky je 1 230 m. Doba jízdy včetně vysypání auta činí 8 min a doba jízdy prázdného auta, včetně couvání k nakládacímu, stroji je 5 min. Jízdní doby navážkových aut jsou u všech typů stejné. Těžba je ve většině případů prováděna dvěma těžebními stroji. Kolový nakladač CAT 988G nakládá Komatsu HD 405 a HD 605. Pásové rypadlo CAT 330 nakládá Komatsu HD 405. Dodávka materiálu na drtič se při pozorování jeví jako nedostatečná.

Doba nakládky nakladačem je rovna aritmetickému průměru nakládky na 60t auto a 40t auto.

$$t_{n\bar{n}} = \frac{4 + 3,2}{2} \Rightarrow 3,6 \text{ min}$$

Doba dopravního cyklu:  $T_{CN} = 8 + 5 + 3,6$

$$T_{CN} = 16,6$$

Doba dopravního cyklu aut, které jsou nakládány nakladačem, je 16,6 min.

Doba nakládky rypadla je 5,41 min.

Doba dopravního cyklu:  $T_{CR} = 8 + 5 + 5,41$

$$T_{CR} = 18,41 \text{ min}$$

Počet aut potřebných k obsluze jednoho rypadla [3]:

$$Z = \frac{T_C}{t_n}$$

$t_n$  ...doba nakládky (min)

Pro kolový nakladač CAT 988G, který nakládá 40t auto 3,2 minuty a 60t auto 4 minuty.

$$\text{Pro CAT 988G : } Z = \frac{16,6}{3,6}$$

$$Z = 4,61 \text{ aut}$$

Z výpočtu je zřejmé, že kolový nakladač je nevyužitý.

Pro pásové rypadlo CAT 330, které nakládá HD 405 – 5,4 min.

$$Z = \frac{18,41}{5,41} \qquad Z = 3,4 \text{ aut}$$

Z výpočtu je zřejmé, že pásové rypadlo je také nevyužité.

Dále vypočítám množství aut potřebných k navezení  $600 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ . Požadovanou kapacitu linky vydělím celkovou nosností aut, z čehož vyjde množství dopravních a nakládacích cyklů za hodinu.

$$Z_c = \frac{Q}{G}$$

$Z_c$  .....potřebný počet dopravních a nakládacích cyklů

$Q$ .....požadované množství rubaniny ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$G$ ..... celková nosnost všech aut (t)

$$G = 40+40+60 \qquad Z_c = \frac{600}{140}$$

$$G = 140 \text{ t} \qquad Z_c = 4,3$$

Z výsledku je zřejmé, že doprava rubaniny třemi auty je nedostatečná. Doba jízdy auta je 13 minut. K tomu je nutné připočíst dobu nakládky, která je v horším případě 5,41 min. Celkový součet jednoho dopravního a nakládacího cyklu tedy činí přibližně 17 minut. Provedeme jednoduchý výpočet, abychom zjistili reálný počet nakládacích a dopravních cyklů za jednu hodinu.

$$Z_{\text{CNS}} = \frac{60}{17} \qquad Z_{\text{CNS}} = 3,53$$

Reálný počet nakládacích a dopravních cyklů je tedy 3,53 za hodinu. Z toho vyplývá, že se na drtič naveze  $495 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ .

**Z výše uvedeného vyplývá, že při těžbě ze sedmé etáže, je nutné navážku posílit ještě o jedno auto.** V dalším výpočtu se budu zabývat tím, jak velká nosnost auta bude zapotřebí.

Délku dopravního a nakládacího cyklu ponecháme stejnou, tedy 3,53 cyklu za hodinu a vytvoříme rovnici o jedné neznámé.

$$Z_{\text{CNS}} \cdot (G + x) = Q \qquad 3,53 \cdot (140 + x) = 600$$
$$x = 29,9$$

**Z výsledku je zřejmé, že, pokud provádíme těžbu ze sedmé etáže, potřebovali bychom auto o minimální nosnosti 30 tun.**

Využití nakládací techniky také není ideální. Kolový nakladač by mohl za hodinu naložit průměrně 3,62 aut a pásové rypadlo 2,4 auta. Ve skutečnosti však kolový nakladač nakládá pouze dvě auta za hodinu a pásové rypadlo jedno auto. Po převedení na procenta zjišťujeme, že kolový nakladač CAT 988G je využitý pouze na 52 % a pásové rypadlo na 41,6 % své výkonnosti.

Aby bylo vozidlo efektivně využito, platí vztah [3]:

$$V = \frac{G \cdot k_n}{\delta \cdot \chi}$$

Kde  $V$  ..... obsah lopaty ( $\text{m}^3$ )

$G$  ..... nosnost auta (t)

$k_n$  ..... koeficient nakypření

$\delta$  ..... objemová hmotnost těživa v rostlém stavu ( $\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$ )

$\chi$  ..... poměr mezi nosností auta a hmotností těživa v lopatě v rozmezí 3 až 7, přičemž nejvhodnější poměr je 4.

Pro další výpočty potřebuji stanovit koeficient nakypření. Do vzorce použiju poznatky získané při sledování nakládky kolovým nakladačem. Následně vypočítám vhodnost těžebních strojů. Jak kolového nakladače, tak pásového rypadla.

$$7 = \frac{60 \cdot k_n}{2,5 \cdot 5} \Rightarrow k_n = 1,45$$

Pro 60tunové auto:

$$V = \frac{60 \cdot 1,58}{2,7 \cdot 4} = 8,78$$

Pro 40tunové auto:

$$V = \frac{40 \cdot 1,58}{2,7 \cdot 4} = 5,85$$

Vzhledem k tomu, že je nutné nakládat jak 40t auta, tak i 60t auto, je kolový nakladač podle výše uvedeného vzorce vhodný jako těžební stroj. Pásové rypadlo s objemem lžice  $1,1 \text{ m}^3$  je však nevhodné.

Z využití nakládací techniky je zřejmé, že pokud provádíme těžbu na sedmé etáži na tři auta, potom na nakládání postačí kolový nakladač CAT 988G. Pro potvrzení provedu výpočet, ze kterého zjistím, kolik času bude mít nakladač mezi jednotlivými nakládacími cykly.

$$Z = \frac{T_c}{t_n} \quad \text{pro tři auta a dobu nakládky 4 min} \quad 3 = \frac{17}{t_n}$$

$$t_n = 5,67 \text{ min}$$

$$\text{Pro čtyři auta: } Z = \frac{T_c}{t_n} \quad 4 = \frac{17}{t_n} \quad t_n = 4,25 \text{ aut}$$

Pokud bude nakladač nakládat tři auta, budou prostoje činit minimálně 1,67 minut a stroj tak bude využitý na 70 %. V případě nakládání čtyř aut, budou prostoje 0,25 min a nakladač bude využitý na 97 %, což podle mého názoru není žádoucí, protože by tím docházelo k čekání aut u těžebního stroje. Z dlouhodobého pozorování vyplývá, že ideální využití těžebního stroje je do maximálně 80 %.

Pokud má mít má diplomová práce praktické využití, nemůžu při hodnocení těžby na jednotlivých etážích doporučovat nákup nebo výměnu jednotlivých strojů bez zřetele na ekonomickou návratnost. Neřeším zde totiž zcela novou automobilovou dopravu, ale pokouším se zjistit nedostatky stávající situace a navrhnout ekonomicky schůdná řešení.

Je totiž zjevné, že pokud potřebuji dostatečně zaplnit technologickou linku při těžbě ze sedmé etáže, potřebuji posílit navážku o jedno auto a na nakládání mi stačí současná těžební technika.

**Závěrem tedy lze prohlásit, že navážení materiálu ze sedmé etáže dvěma 40t auty a jedním 60t autem je nedostatečné, je zapotřebí posílit navážku o jedno 30t auto. Co se týká těžebních strojů, výkonnostně jsou dostačující.**

#### **4.3.2 Těžba ze třetí a šesté etáže**

Šestá etáž se nachází v nadmořské výšce 310 m n. m. Těžba zde je obvykle spojená s těžbou na třetí etáži, která se nachází v nadmořské výšce 373 m n. m. Kombinovaná těžba je nutná, abychom zajistili barevně stálý materiál. Na třetí etáži se totiž nachází materiál s větším množstvím jílovitých složek a je zabarven v odstínech šedé až hnědé. Na šesté etáži jsou pak zbytky moravské droby v kombinaci s flyšem a jsou zabarveny v odstínech modré. Jinak řečeno těžba ve spodních částech lomu se kombinuje s těžbou v horních partiích. Na vzdálenější pracoviště nasazujeme kolový nakladač a na bližší pásové rypadlo, protože nakladač nakládá rychleji. Vzhledem k tomu je v tomto případě na šestou etáž nasazován kolový nakladač a na třetí etáž pásové rypadlo.

Vzdálenost těžebního místa na šesté etáži je od primární násypky vzdáleno 650 metrů. Doba jízdy plného auta včetně vysypání činí 4,36 minut a doba jízdy prázdného auta včetně couvání k nakládacímu stroji je 2,45 minut. Těžba je řešena tak, že k nakladači jezdí auto o nosnosti 60 t a 40tunové auto jede jednou ke kolovému nakladači na šestou etáž a jednou k pásovému rypadlu na třetí etáži.

Vzdálenost těžebního místa na třetí etáži je od primární násypky 550 metrů. Doba jízdy auta včetně vysypání činí 3,7 min a doba jízdy prázdného auta k nakládacímu stroji 2,45 min. Těžba je prováděna tak, že k pásovému rypadlu jezdí auto o nosnosti 40 t a druhé 40tunové auto střídá těžební místo se šestou etáží.

V následujícím výpočtu se pokusím dokázat, zda a do jaké míry je tato kombinace výhodná vzhledem k naplnění kapacity linky. Nejprve vypočítám počet aut potřebných k jednomu rypadlu. Dobu čekání na vykládce zanedbám, jelikož by se tím výpočty značně zkomplikovaly. Z výpočtů pak bude zřejmé, kolik materiálu jsou auta schopné navézt na primární násypku, pokud nebudou muset čekat na vysypání. V případě, že číslo bude vyšší,

lze spočítat délku prostoje aut u násypky. Víme totiž, že jsme schopni zpracovat 10 tun rubaniny za minutu. Přebytek proto ve výpočtech vydělím deseti a zjistím dobu čekání u násypky. Prostoj u násypky pak bude mít vliv na využití těžebního stroje.

*Výpočet pomocí aritmetické řady:*

Doba dopravního cyklu 60t auta:

$$T_C = 4,36 + 2,45 + 4$$

$$T_C = 10,81 \text{ min}$$

Doba dopravního cyklu 60tunového auta je 6,81 min.

Pomocí aritmetické řady jednotlivých aut se pokusím najít průniky na intervalech, tím spočítat množství a délku čekání aut na nakládání u kolového nakladače a následně u pásového rypadla.

Intervaly pro 60tunové auto:

Zadání vzorce pro n-tý člen [5]:  $a_n = a_1 + (n-1) \cdot d$

Interval nakládky:

$$b_n = a_n - t_n$$

$a_n$  ..... konec intervalu jednotlivých nakládek (min)

$b_n$  ..... začátek intervalu jednotlivých nakládek (min)

$t_n$  ..... délka nakládky. Pro kolový nakladač na 60tunové auto 4 min

$d$  ..... délka dopravního a nakládacího cyklu. Pro 60tunové auto 10,81 min

Výpočet pro první, druhý a třetí interval pro 60t auto:

$$a_1 = 4 \text{ minuty}$$

$$a_2 = a_1 + (2-1) \cdot d$$

$$a_3 = a_1 + (3-1) \cdot d$$

$$a_2 = 4 + (2-1) \cdot 10,81$$

$$a_3 = 4 + (3-1) \cdot 10,81$$

$$a_2 = 14,81 \text{ min}$$

$$a_3 = 25,6 \text{ min}$$

$$b_2 = 14,81 - 4$$

$$b_3 = 25,6 - 3,6$$

$$b_2 = 10,81 \text{ min}$$

$$b_3 = 21,6 \text{ min}$$

Z výsledků předchozího výpočtu vyplývá, že první nakládka končí 4minutu, druhá nakládka začíná 10,81minutou a končí 14,81minutou. Třetí pak začíná 21,6minutou a končí 25,6minutou.

Stejný výpočet použijeme pro 40tunové auto, které je nakládáno na třetí etáži.

Intervaly pro 40tunové nakládání na třetí etáži:

$a_n$  ..... konec intervalu jednotlivých nakládek (min)

$b_n$  ..... začátek intervalu jednotlivých nakládek (min)

$t_n$  ..... délka nakládacího cyklu. Pro pásové rypadlo 5,41 min.

$d$  ..... délka dopravního cyklu pro 40tunové auto nakládání na třetí etáži  
11,56 min

Příklad pro první, druhý a třetí interval 40tun auto ze třetí etáže:

$$a_1 = 5,41$$

$$a_2 = a_1 + (2 - 1) \cdot d$$

$$a_2 = 5,41 + (2 - 1) \cdot 11,56$$

$$a_2 = 16,97 \text{ min}$$

$$b_2 = 16,97 - 5,41$$

$$b_2 = 11,56 \text{ min}$$

$$a_3 = a_1 + (3 - 1) \cdot d$$

$$a_3 = 5,41 + (3 - 1) \cdot 11,56$$

$$a_3 = 28,53 \text{ min}$$

$$b_3 = 28,53 - 5,41$$

$$b_3 = 23,12 \text{ min}$$

Z výsledků předchozího výpočtu vyplývá, že první nakládka končí 5,41minutou, následující nakládka začíná 11,56minutou a končí 16,97minutou. Třetí potom začíná 23,12minutou a končí 28,53minutou.

Výsledky obou intervalů zapíšeme do tabulky č. 1 a č. 2 a zaokrouhlíme na přirozená čísla.

Intervaly pro 40t auto nakládání střídavě na třetí a šesté etáži bude nutné rozdělit zvlášť pro každou etáž. Vycházím z toho, že výhodnější bude začínat nakládku tam, kde je kratší nakládací čas. Proto jako první nakládku pro střídající auto zvolím kolový nakladač na šesté etáži.

Intervaly pro 40t střídající auto nakládání na šesté etáži:

$a_n$  ..... konec intervalu jednotlivých nakládek (min)

$b_n$  ..... začátek intervalu jednotlivých nakládek (min)

$t_{nn}$  ..... doba nakládky pro kolový nakladač 3,2 min

$t_{nr}$  ..... doba nakládky pásového rypadla 5,41 min

$t_{C3}$  ..... doba jízdy na třetí etáž a zpět včetně couvání a sklápění

$t_{C6}$  ..... doba jízdy na šestou etáž a zpět včetně couvání a sklápění

$d$  ..... délka dopravních a nakládacích cyklů jak na šesté, tak na třetí etáži.

$$d = t_{C3} + t_{C6} + t_{nn} + t_{nr}$$

$$d = 6,15 + 6,81 + 3,2 + 5,41$$

$$d = 21,57 \text{ min}$$

Výpočet pro první, druhý a třetí interval na šesté etáži:

$$a_1 = 4 + 1 + 3,2 \text{ min}$$

$$a_2 = a_1 + (2 - 1) \cdot d$$

$$a_2 = 8,2 + (2 - 1) \cdot 21,57$$

$$a_2 = 29,77 \text{ min}$$

$$b_2 = 29,77 - 3,2$$

$$b_2 = 26,57 \text{ min}$$

$$a_3 = a_1 + (3 - 1) \cdot d$$

$$a_3 = 8,2 + (3 - 1) \cdot 21,57$$

$$a_3 = 51,34 \text{ min}$$

$$b_3 = 51,34 - 3,2$$

$$b_3 = 48,14 \text{ min}$$

Výpočet pro první, druhý a třetí interval na třetí etáži:

$a_1$  = doba nakládky 60t auta + doba couvání + doba nakládky 40t auta na šesté etáži + doba jízdy k výsypce včetně vysypání + doba jízdy k pásovému rypadlu + doba nakládky na třetí etáži



$$a_1 = 4 + 1 + 3,2 + 4,36 + 2,45 + 5,41$$

$$a_1 = 20,42 \text{ min}$$

$$a_2 = a_1 + (2 - 1) \cdot d$$

$$a_2 = 20,54 + (2 - 1) \cdot 21,57$$

$$a_2 = 42,11 \text{ min}$$

$$b_2 = 42,11 - 5,41$$

$$b_2 = 36,7 \text{ min}$$

$$a_3 = a_1 + (3 - 1) \cdot d$$

$$a_3 = 20,54 + (3 - 1) \cdot 21,57$$

$$a_3 = 63,68 \text{ min}$$

$$b_3 = 63,68 - 5,41$$

$$b_3 = 58,27 \text{ min}$$

Z výsledků předchozích výpočtů vyplývá, že první nakládka na šesté etáži končí 7,2minutu a druhé nakládání na třetí etáži začíná 15,01minutu.

Výše uvedené intervaly by platily jen v případě, pokud by nedocházelo k čekacím dobám u jednotlivých těžebních strojů a u primární násypky. Čekací dobu u násypky zanedbám, abych zjistil, zda jsem schopný pokrýt kapacitu linky. U těžebních strojů čekací doby zapíši. Do tabulky rovněž zapíši intervaly jednotlivých nakládek, určím průniky, dobu čekání a následně posunu intervaly nakládky. Vše v období tří hodin. Po této době odchází pracovníci na půlhodinovou přestávku. Ve výpočtu zanedbávám doby čekání při vyhýbání aut jízdou na etáže. Stejně jako čekání u násypky a to z výše uvedených důvodů.

Jelikož měření doby jízd na etáže probíhalo v období jednoho měsíce, jsou tyto hodnoty průměrné. Jednotlivé intervaly jsem zaokrouhlil na celé minuty, avšak výpočet jsem prováděl na dvě desetinná místa. 60t auto označím jako A, 40t auto nakládané pouze na třetí etáži jako B a střídající auto jako C.

# Radek Číhal: Optimalizace navážky a nakládky v kamenolomu Hrabůvka

Tabulka č. 1: Intervaly nakládky na šesté etáži (zdroj autor)

| Pořadí<br>naložení 6<br>etáž | A - interval<br>nakládky | C - interval<br>nakládky | Doba čekání<br>nakladače | Doba<br>čekání aut | Množství<br>navezených tun |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------|
| 1                            | 0 - 4                    |                          |                          |                    | 60                         |
| 2                            |                          | 5 - 8                    | 1                        |                    | 40                         |
| 3                            | 11 - 14                  |                          | 3                        |                    | 60                         |
| 4                            | 22 - 25                  |                          | 8                        |                    | 60                         |
| 5                            |                          | 27 - 30                  | 2                        |                    | 40                         |
| 6                            | 32 - 36                  |                          | 5                        |                    | 60                         |
| 7                            | 43 - 47                  |                          | 7                        |                    | 60                         |
| 8                            |                          | 52 - 55                  | 5                        |                    | 40                         |
| 9                            | 55 - 58                  |                          |                          |                    | 60                         |
| 10                           | 65 - 68                  |                          | 7                        |                    | 60                         |
| 11                           |                          | 75 - 78                  | 7                        |                    | 40                         |
| 12                           | 79 - 83                  |                          | 1                        | 2                  | 60                         |
| 13                           | 89 - 93                  |                          | 6                        |                    | 60                         |
| 14                           |                          | 98 - 101                 | 5                        | 1                  | 40                         |
| 15                           | 102 - 106                |                          | 3                        |                    | 60                         |
| 16                           | 113 - 117                |                          | 7                        |                    | 60                         |
| 17                           |                          | 121 - 124                | 4                        |                    | 40                         |
| 18                           | 125 - 129                |                          | 1                        | 2                  | 60                         |
| 19                           | 137 - 141                |                          | 8                        |                    | 60                         |
| 20                           |                          | 145 - 149                | 4                        |                    | 40                         |
| 21                           | 150 - 154                |                          | 1                        |                    | 60                         |
| 22                           | 160 - 164                |                          | 6                        |                    | 60                         |
| 23                           |                          | 165 - 168                | 1                        |                    | 40                         |
| 24                           | 169 - 173                |                          | 1                        |                    | 60                         |
| Součet                       |                          |                          | 93                       | 5                  | 1100                       |

Tabulka č. 2: Intervaly nakládky na třetí etáži (zdroj autor)

| Pořadí<br>naložení 3 etáž | B-interval<br>nakládky | C- interval<br>nakládky | Doba čekání<br>rypadla | Doba čekání<br>aut | Množství<br>navezených<br>tun |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|
| 1                         | 0 – 5                  |                         |                        |                    | 40                            |
| 2                         | 12 - 17                |                         | 7                      |                    | 40                            |
| 3                         |                        | 18 - 23                 | 1                      |                    | 40                            |
| 4                         | 24 - 29                |                         | 1                      |                    | 40                            |
| 5                         | 35 - 40                |                         | 6                      |                    | 40                            |
| 6                         |                        | 41 - 47                 | 1                      | 4                  | 40                            |
| 7                         | 46 - 52                |                         | 1                      |                    | 40                            |
| 8                         | 58 - 63                |                         | 6                      |                    | 40                            |
| 9                         |                        | 64 - 70                 | 1                      | 2                  | 40                            |
| 10                        | 71 - 76                |                         | 1                      |                    | 40                            |
| 11                        | 82 - 87                |                         | 6                      |                    | 40                            |
| 12                        |                        | 88 - 93                 | 1                      | 2                  | 40                            |
| 13                        | 94 - 100               |                         | 1                      |                    | 40                            |
| 14                        | 106 - 111              |                         | 6                      |                    | 40                            |
| 15                        |                        | 112 - 117               | 1                      | 2                  | 40                            |
| 16                        | 118 - 123              |                         | 1                      |                    | 40                            |
| 17                        |                        | 124 - 130               | 1                      |                    | 40                            |
| 18                        | 131 - 137              |                         | 1                      |                    | 40                            |
| 19                        | 142 - 147              |                         | 6                      |                    | 40                            |
| 20                        | 153 - 159              |                         | 6                      |                    | 40                            |
| 21                        |                        | 160 - 166               | 1                      |                    | 40                            |
| 22                        | 167 - 173              |                         | 1                      | 4                  | 40                            |
| 23                        | 179 - 185              |                         | 6                      |                    | 40                            |
| Součet                    |                        |                         | 63                     | 14                 | 920                           |

Z tabulek č. 1 a č. 2 je patrné, že jde o značně komplikovaný výpočet, v kterém může docházet k chybám. Chyba na začátku výpočtu pak ovlivňuje časy jednotlivých

intervalů. Na druhou stranu jde o nejpřesnější analýzu. V dalším postupu se pokusím výpočet značně zjednodušit a současně porovnat výsledky výpočtů pomocí aritmetické řady s výpočty použitými v kapitole řešící navážku ze sedmé etáže.

*Výpočet pomocí vzorců na kapacitu automobilové dopravy [3]:*

Nejprve vypočítám navážku z šesté etáže. Upravím dopravní cyklus na podmínky tak, jak probíhají v praxi. Auto A udělá dva dopravní cykly a auto C jeden. Dobu dopravního cyklu tedy vypočítám jako aritmetický průměr dvou cyklů auta A a jednoho cyklu auta C.

$$\text{Doba dopravního cyklu: } T_c = \frac{T_{CA} + T_{CA} + T_{CC}}{3}$$

$$T_c = \frac{10,81 + 10,81 + 21,57}{3}$$

$$T_c = 14,41 \text{ min}$$

Totéž provedeme pro dobu nakládky.

$$\text{Doba nakládky: } t_c = \frac{t_{CA} + t_{CA} + t_{CB}}{3}$$

$$t_c = \frac{4 + 4 + 3,2}{3}$$

$$t_c = 3,73 \text{ min}$$

Počet aut potřebných ke kolovému nakladači:

$$Z = \frac{T_c}{t_n} \Rightarrow Z = \frac{14,41}{3,73} \Rightarrow Z = 3,83 \text{ aut}$$

V tomto režimu by byla potřeba 3,83 aut. Nakládány jsou však jen dvě. Pokud od potřebných aut odečtu skutečně nakládaná auta, vypočítám tím vytížení nakladače a výpočet pak porovnám s výsledky, které mám při výpočtu pomocí intervalů.

$$Z - Z_{\text{skut}} = Z_{\text{chybě}} \Rightarrow 3,83 - 2 = 1,83$$

V tomto režimu nakládky mi chybí 1,83 auta. Nakladač je tedy plně využitý jen, pokud bude nakládat 3,83 auta. Tuto hodnotu lze považovat za 100 % vytíženost. Hodnota

1,83 z 3,83 je 47 %. Nakladač je tedy nevyužitý z 47% a naopak je využitý z 53 %. Z výsledků v tabulce č. 1 zjistíme, že prostoje činí 93 min ze 173 min, z čehož po převedení na procenta dostáváme:

$$93 \div \frac{173}{100} = 53\% \rightarrow \text{Prostoje nakladače činí 53 \% ze 173 minut. Jinak řečeno,}$$

nakladač je nevyužitý z 53 % a využitý ze 47 %. **Rozdíl ve výpočtu pomocí intervalů a ve výpočtu zjednodušenými vzorci je 6 %. Ty pro přehlednost přepočítám na minuty. Pokud vycházím z toho, že 173 min je 100 %, pak 6 %  $\rightarrow 1,73 \cdot 6 = 10,38$  min. Lze tedy říci, že prostoje kolového nakladače činí 50 % s nepřesností  $\pm 6$  %.**

Zjednodušený výpočet navážky ze třetí etáže provedu obdobně jako výpočet pro šestou etáž.

$$\text{Doba dopravního cyklu: } T_C = \frac{T_{CB} + T_{CB} + T_{CC}}{3}$$

$$T_C = \frac{11,56 + 11,56 + 21,57}{3}$$

$$T_C = 14,9 \text{ min}$$

Totéž provedeme pro dobu nakládky.

$$\text{Doba nakládky: } t_c = 5,41 \text{ min}$$

Doba nakládky je pro obě auta stejná.

Počet aut potřebných ke kolovému nakladači:

$$Z = \frac{T_c}{t_n} \Rightarrow Z = \frac{14,9}{5,41} \Rightarrow Z = 2,75$$

V tomto režimu by bylo nutné nasadit 2,75 aut. Nakládány jsou však jen dvě. Když od potřebných aut odečtu skutečně nakládaná auta, získám vytížení rypadla. To pak porovnám s výsledky, které mám z výpočtu provedených pomocí aritmetické řady.

$$Z - Z_{\text{skut}} = Z_{\text{chybě}} \Rightarrow 2,75 - 2 = 0,75$$

V režimu nakládky na třetí etáži mi chybí 0,75 auta. Rypadlo je tedy využité na 100 % jen pokud bude nakládat 2,75 auta. Tuto hodnotu budu považovat za 100 %.

Hodnota 0,75 z 2,75 je 27 %. Lopatové rypadlo je tedy nevyužité z 27 % a naopak je využité na 73 %. Podle výsledků v tabulce č. 2 činí prostoje rypadla 63 min ze 185 min, z čehož po převedení na procenta vychází:

$$63 \div \frac{185}{100} = 34\% \rightarrow \text{Prostoje lopatového rypadla během 185 minut činí 34 \%}$$

Jinak řečeno, rypadlo je nevyužité z 34 % a využité z 66 %. **Rozdíl ve výpočtu pomocí aritmetické řady a ve výpočtu k stanovení kapacity automobilové dopravy je 7 %.** Ty pro přehlednost přepočítám na minuty. Pokud vycházím z toho, že 185 minut je 100 %, pak 7 %  $\rightarrow 1,85 \cdot 7 = 12,95$  min. Lze tedy říci, že prostoje lopatového rypadla jsou 30 % s nepřesností  $\pm 7$  %.

**Výpočet pomocí vzorců na stanovení kapacity automobilové dopravy je podle mého názoru dostatečně přesný.** Rozdíl mezi jednotlivými metodami činil v mém případě max. 7 %. Také je nutné si uvědomit, že při použití metody pomocí aritmetické řady může docházet k nepřesnostem jak při měření, tak při výpočtu. Současně je nutné vzít v úvahu, že provozní podmínky se během roku mění. Ať z důvodu povětrnostních podmínek, tak z důvodu opotřebování technologické linky, která na začátku roku vykazuje menší poruchovost. Dále jsem do výpočtů pomocí intervalů nezapočítal prostoje u násypky.

Opět se vrátím k výpočtu těžby z třetí a šesté etáže.

Vypočítám množství aut nutných k navedení potřebných  $600 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ . Požadovanou kapacitu linky vydělím celkovou nosností aut a vyjde mi množství dopravních a nakládacích cyklů.

$Z_c$  .....potřebný počet dopravních a nakládacích cyklů za hodinu

$Q$ .....požadované množství rubaniny ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$G$ ..... celková nosnost všech aut (t)

$$Z_c = \frac{Q}{G}$$

$$G = 40+40+60 \qquad Z_c = \frac{600}{140}$$

$$G = 140 \text{ t}$$

$$Z_C = 4,3$$

Dobu jízdy aut vypočítám jako aritmetický průměr z doby jízdy auta A a auta B. Doba jízdy pro auto A je 6,81 min a pro auto B 6,15 minut. Auto C, které střídá etáže, jede jednou delší a jednou kratší čas.

$$t_j = \frac{6,81 + 6,15}{2} \Rightarrow t_j = 6,48 \text{ min}$$

Doba jízdy aut je 6,48 min. K tomu je nutné připočíst dobu nakládky. Doba nakládky je podíl nakládání na etážích počtem naložení.

$$\text{Doba nakládky: } t_n = \frac{2 \cdot 4 + 3,2 + 3 \cdot 5,41}{6} \Rightarrow 4,57 \text{ min}$$

$$\text{Celkový dopravní cyklus: } T_c = t_j + t_n$$

$$T_c = 6,48 + 4,57 = 10,98 \text{ min}$$

Celkový součet jednoho dopravního a nakládacího cyklu činí 10,98 minut. Abychom zjistili skutečný počet nakládacích a dopravních cyklů za jednu hodinu, provedeme jednoduchý výpočet.

$$Z_{CNS} = \frac{60}{10,98}$$

$$Z_{CNS} = 5,46$$

Skutečný počet nakládacích a dopravních cyklu za hodinu je 5,46. Z výpočtu je zřejmé, že počet dopravních cyklů je dostatečný.

Vypočítáme množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = Z_{CNS} \cdot (G_A + G_B + G_C) \Rightarrow Q = 5,46 \cdot (40 + 40 + 60) \Rightarrow Q = 764 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Z výše uvedeného vyplývá, že při těžbě ze třetí a šesté etáže je navážka třemi auty dostatečná. V tomto případě je navíc možné provést kontrolu navezených tun pomocí tabulek číslo 1 a číslo 2. Celkové množství materiálu navezeného na drtič během 185 minut činí 2 140 tun. Po vydělení hmotnosti minutami a vynásobení 60 vychází, že je na drtič navezeno  $694 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ , což je dostatečné.

Při porovnání výsledků je patrný rozdíl 70 tun za hodin. To je dáno prostoji aut u těžebních strojů. Pokud je celková doba čekání 19 min a tuto dobu vydělíme třemi, dostáváme délku čekání aut za jednu hodinu, což je 6,33 minut. Jestliže je množství navezených tun vypočítáno na  $764 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ , pak se za minutu naveze 12,73 tun. Tuto hodnotu vynásobím délkou prostoje za hodinu, tedy 6,33 minutami, z čehož vychází 80 tun za hodinu. Tudíž i na tomto příkladu je patrné, že je jednodušší počítat automobilovou dopravu jednoduchými vzorci, protože chyba je minimální.

Pro přesnější stanovení využití těžební techniky ještě započítám čekací dobu u primární násypky. Ovšem jen v případě, pokud počet navezených tun převyšuje kapacitu technologické linky. Výpočet čekací doby u násypky je roven rozdílu navezených tun za hodinu a zpracovaných tun za hodinu vydělený kapacitou linky. Pokud by navezené tuny za jednu hodinu byly menší než kapacita linky, vyšlo by záporné číslo, což by nebyla chyba, ale prostoj technologické linky. Proto dám rozdíl do absolutní hodnoty.

*Výpočet čekací doby u násypky:*

$Q_r$  .....rozdíl v navezených tunách ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$Q_n$  .....naložené tuny bez čekacích dob u násypky ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$Q$  .....kapacita linky ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$t_c$  .....čekací doba aut nebo prostoj linky (min)

$$Q_r = |Q_n - Q| \Rightarrow Q_r = |694 - 600| \Rightarrow Q_r = 94 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$t_c = \frac{Q_r}{Q} \cdot 60 \Rightarrow t_c = \frac{94}{600} \cdot 60 \Rightarrow t_c = 9,4 \text{ min}$$

Z výsledku je zřejmé, že pokud provádíme kombinovanou těžbu ze třetí a šesté etáže je navážka na drtič dostatečná. Čekací doba u primární násypky je 9,4 minut během jedné hodiny. Společně s čekací dobou u těžební techniky jsou tedy prostoje celkem 28,4 min. V předchozím textu je u výpočtu využití těžební techniky počítáno s chybou  $\pm 7\%$ . Je ale nutné si uvědomit, že pokud je nakládka předimenzována, jako v tomto případě, je potřeba čekání u násypky vždy počítat na vrub využití těžební techniky. Po vydělení dvěma vychází na jeden dobývací stroj prostoj 4,7 min, což v jedné hodině činí



8 %. Využití nakládací techniky se jeví jako nedostatečné. Kolový nakladač je využitý pouze na  $50 \% - 8 \% = 42 \%$  a lopatové rypadlo na  $70 \% - 8 \% = 62 \%$ .

Využití lopatového rypadla na 62 % je však, podle mého názoru, ideální. Hlavní důvod spočívá v tom, že clonové odstřely jsou, co se množství týče, maximálně do 20 000 t. To znamená, že přibližně jednou týdně musí lopatové rypadlo provádět dočišťování etáží nejen po své vlastní těžbě, ale i po kolovém nakladači. Nakladač toto dočišťování provádět nemůže, z důvodu široké nakládací lopaty. Rovněž je nutné si uvědomit, že těžba musí probíhat na dvou těžebních místech současně. Jestliže na sedmé etáži chybělo 30t auto, pak u těžby ze třetí a šesté etáže jde spíše o nedostatečné vytížení kolového nakladače který je zde využitý pouze na 50 %.

Z čistě teoretického hlediska vypočítám, jak velká auta a nakládací stroje by byly vhodné pro tento typ těžby. Začnu tím, že určím členy, které znám, nebo které lze s vysokou pravděpodobností předpokládat. Znáám maximální nosnost auta vhodného do lomu, to je 60 t. Znáám dobu dopravního cyklu bez nakládky a rovněž vím, že potřebuji zaplnit technologickou linku 600 tunami za hodinu. Předpokládám, že pokud by byl poměr mezi nosností auta a hmotností těživa v lopatě 5, tak se doba nakládky bude pohybovat kolem čtyř minut.

Délka dopravního cyklu:

$$T_c = t_n + t_j \Rightarrow T_c = 4 + 6,48 \Rightarrow T_c = 10,48 \text{ min} \Rightarrow T_c = 0,17 \text{ h}$$

Vypočítám počet dopravních cyklů za hodinu, s tím, že potřebuji navézt  $600 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Požadovanou kapacitu linky vynásobím délkou dopravního cyklu a vypočítám, kolik tun potřebuji navézt v jednom dopravním cyklu. Z toho pak následně vyvodím různé kombinace tonáží u aut.

$$m = T_c \cdot Q$$

$T_c$  .....doba dopravního cyklu (h)

$Q$ .....požadované množství rubaniny ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$m$ .....množství tun v jednom cyklu (t)

$$m = 0,17 \cdot 600 \Rightarrow m = 102 \text{ t}$$

V jednom dopravním cyklu potřebuji navézt 102 t rubaniny. Předpokládám, že použiji auta z nosností 60, 40 a 30 t v různých kombinacích. Důležitým poznatkem rovněž je, že při nakládce na sedmé etáži nám chybělo 30t auto a naopak při výpočtu navážky ze třetí a šesté etáže se kombinace 40 + 40 + 60 tun jeví jako předdimenzovaná. Na první pohled by se mohlo zdát, že ideální kombinací bude 60t auto se 40t. V tomto případě by pak z čistě teoretického hlediska chybělo navézt 2 tuny za hodinu. Je nutné si ale uvědomit, že jestliže pracuji z nepřesností  $\pm 7\%$ , mohlo by se stát, že se množství navezených tun bude pohybovat v rozmezí 99 t až 105 t za hodinu. Tuto možnost tedy na chvíli opustím a zkusím vypočítat variantu, která by počítala se zařazením dvou 60t aut a jednoho 40t. Tím by se zvýšila navážka na drtič ze sedmé etáže, kde tím pádem bude chybět pouze 10 tun. Dvě 60t auta by teoreticky rovněž kapacitně stačila na navážku ze šesté a třetí etáže. Ve výpočtu jsem však předpokládal délku naložení jednoho auta 4 min. Ve skutečnosti, však pásové rypadlo nakládá 60t auto 9 minut. V další fázi tedy provedu kapacitní výpočet na dvě 60t auta k stávající těžební technice.

Počet cyklů ze třetí etáže:

$$Z_{c3} = \frac{60}{t_{j3} + t_{nn}} \Rightarrow Z_{c3} = \frac{60}{6,15 + 9} \Rightarrow Z_{c3} = 3,96$$

Počet cyklů ze šesté etáže:

$$Z_{c6} = \frac{60}{t_{j6} + t_{nr}} \Rightarrow Z_{c6} = \frac{60}{6,81 + 4} \Rightarrow Z_{c6} = 5,55$$

Množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = (Z_{c3} + Z_{c6}) \cdot G \Rightarrow Q = (3,96 + 5,55) \cdot 60 \Rightarrow Q = 570t$$

Navážka dvěma 60t auty by stačila, pokud vyměníme současné pásové rypadlo za pásové rypadlo z větší výkonností. Velikostí rypadla se budu dále zabývat v jiné kapitole. Výhodou výměny jednoho 40t auta za auto 60t je, že při navážce ze šesté a třetí etáže bychom měli možnost použít buď kombinaci 60 + 60, nebo vyzkoušet kombinaci 40 + 60.

**Závěrem této kapitoly lze napsat, že při těžbě na třetí a šesté etáži je navážka se stávající technikou předdimenzována. Z teoretického výpočtu a s přihlédnutím k těžbě ze sedmé etáže vyplývá, že by bylo vhodné vyměnit stávající pásové rypadlo**

**za pásové rypadlo s větší výkonností a 40t auto za auto s nosností 60 t. Do navážky by pak bylo možné nasadit buď 40t a 60t auto nebo dvě 60t auta.**

### **4.3.3 Těžba ze třetí a páté etáže**

Pátá etáž se nachází v nadmořské výšce 331 m n. m. Těžba je obvykle kombinována s těžbou na třetí etáži, která se nachází v nadmořské výšce 373 m n. m. Na páté etáži jsou zbytky moravské droby v kombinaci s flyšem. Kombinovaná těžba je opět nutná z důvodů odlišné barevnosti těžného materiálu. Těžební místo na páté etáži je od primární násypky vzdáleno 700 metrů a na třetí etáži 550 m. Vzhledem k již uvedeným skutečnostem by měl kolový nakladač, který nakládá rychleji, provádět těžbu na páté etáži zatímco pásové rypadlo na třetí etáži. V současnosti se těžba na páté etáži neprovádí z důvodu vytěžení etáže. Výhledově budou v průběhu jednoho nebo dvou let horní partie lomu dostatečně vytěženy tak, aby zde byla znovu obnovena těžba. Až to nastane, bude zde muset být na těžbu nasazeno pásové rypadlo, protože kolový nakladač potřebuje při nakládání větší manipulační prostor.

Doba jízdy plného auta z páté etáže včetně vysypání činí 4 min a doba jízdy prázdného auta zpět, včetně couvání k nakládacímu stroji, je 2,55 min. Těžba je řešena tak, že k pásovému rypadlu jezdí auto o nosnosti 40 t a další 40tunové auto jede jednou ke kolovému nakladači a jednou k pásovému rypadlu.

Těžební místo na třetí etáži je od primární násypky vzdáleno 550 m. Doba jízdy plného auta včetně vysypání činí 3,7 min a doba jízdy prázdného auta zpět k nakládacímu stroji potom 2,45 min. Těžba je řešena tak, že ke kolovému nakladači jezdí auto o nosnosti 60 t a druhé 40tunové auto střídá těžební místo s pátou etáží.

V následujícím výpočtu dokážu, zda a do jaké míry je tato kombinace výhodná vzhledem k naplnění kapacity linky. Nejprve vypočítám počet aut potřebných k jednomu rypadlu. Pro zjednodušení výpočtu dobu čekání u výsypky opět zanedbám. Výpočet z předchozí kapitoly nemohu použít, protože na třetí etáži netěží pásové rypadlo, ale kolový nakladač.

*Kapacita dopravy z páté etáže:*

$t_{j5}$  .....doba jízdy na pátou etáž a zpět včetně sklápění a couvání 6,55 min

$t_{nr}$  .....doba nakládky pásového rypadla 5,41 min

$T_{CB}$  .....doba dopravního cyklu 40t auta nakládaného na páté etáži

$$T_{CB} = t_{j5} + t_{nr} \Rightarrow T_{CB} = 6,55 + 5,41 \Rightarrow T_{CB} = 11,96 \text{ min}$$

$T_{CC}$  .....doba dopravního cyklu střídajícího auta C

$T_{CA3}$  .....doba dopravního cyklu 40t auta C při nakládce na třetí etáži

$$T_{CC} = T_{CB} + T_{CA3} \Rightarrow T_{CC} = 11,96 + 9,35 \Rightarrow T_{CC} = 21,31 \text{ min}$$

$T_{C5}$  .....doba dopravního cyklu aut A a B k pásovému rypadlu

$$T_{C5} = \frac{T_{CB} + T_{CB} + T_{CC}}{3} \Rightarrow \frac{11,96 + 11,96 + 21,31}{3} \Rightarrow 15 \text{ min}$$

$Z_r$  .....počet aut potřebných k obsluze pásového rypadla

$$Z_r = \frac{T_{C5}}{t_{nr}} \Rightarrow Z_r = \frac{15}{5,41} \Rightarrow Z_r = 2,77$$

Z výsledku vyplývá, že k pásovému rypadlu by mohlo jezdit 2,77 aut. V případě, že nezapočítáváme dobu čekání u násypky, je pásové rypadlo využité na 72 %.

*Kapacita dopravy ze třetí etáže:*

Doba dopravního cyklu auta A:

$$T_{CA} = t_{nn6} + t_j \Rightarrow T_{CA} = 4 + 6,15 \Rightarrow T_{CA} = 10,15 \text{ min}$$

$$\text{Doba dopravního cyklu: } T_{C6} = \frac{T_{CA} + T_{CA} + T_{CC}}{3}$$

$$T_{C6} = \frac{10,15 + 10,15 + 21,31}{3}$$

$$T_{C6} = 13,87 \text{ min}$$

Totéž provedeme pro dobu nakládky.

Doba nakládky: 
$$t_{nn} = \frac{t_{CA} + t_{CA} + t_{CB}}{3}$$

$$t_{nn} = \frac{4 + 4 + 3,2}{3}$$

$$t_{nn} = 3,73 \text{ min}$$

Počet aut potřebných ke kolovému nakladači:

$$Z_n = \frac{T_{C6}}{t_{nn}} \Rightarrow Z_n = \frac{13,87}{3,73} \Rightarrow Z_n = 3,72 \text{ aut}$$

$$Z_n - Z_{skut} = Z_{chybě} \Rightarrow 3,72 - 2 = 1,72$$

V tomto režimu nakládky chybí 1,72 auta. Nakladač je tedy využitý na 100 % jen tehdy, pokud bude nakládat 3,72 auta za hodinu. Tuto hodnotu budu považovat za 100 %. Hodnota 1,72 z 3,72 činí 46 %. Nakladač je tedy nevyužitý ze 46 % a naopak využitý je z 56 %, opět pokud nepočítáme s čekáním u násypky.

Dále vypočítám množství aut potřebných k navedení  $600 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ . Požadovanou kapacitu linky vydělím celkovou nosností aut, z čehož vyjde množství dopravních a nakládacích cyklů.

$$Z_c = \frac{Q}{G}$$

$Z_c$  .....potřebný počet dopravních a nakládacích cyklů za jednu hodinu

$Q$ .....požadované množství rubaniny ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$G$ .....celková nosnost všech aut (t)

$$Z_c = \frac{600}{140}$$

$$G = 40+40+60$$

$$Z_c = 4,3$$

$$G = 140 \text{ t}$$

Dobu jízdy aut vypočítám jako aritmetický průměr z doby jízdy auta A a auta B. Doba jízdy pro auto A je 6,15 min a pro auto B 6,55 min. Auto C, které střídá etáže, jede jednou delší a jednou kratší čas.

$$t_j = \frac{6,55 + 6,15}{2} \Rightarrow t_j = 6,35 \text{ min}$$

Doba jízdy aut je 6,35 min. K tomu je nutné připočíst dobu nakládky. Doba nakládky vypočítám jako aritmetický průměr časů jednotlivých nakládek.

$$\text{Doba nakládky: } t_n = \frac{2 \cdot 4 + 3,2 + 3 \cdot 5,41}{6} \Rightarrow 4,57 \text{ min}$$

$$\text{Celkový dopravní cyklus: } T_c = t_j + t_n$$

$$T_c = 6,35 + 4,57 = 10,92 \text{ min}$$

Celkový součet jednoho dopravního a nakládacího cyklu je 10,92 minut. Provedeme jednoduchý výpočet, abychom zjistili počet skutečných nakládacích a dopravních cyklů za jednu hodinu.

$$Z_{\text{CNS}} = \frac{60}{10,92} \qquad Z_{\text{CNS}} = 5,5$$

Skutečný počet nakládacích a dopravních cyklu je 5,5 za hodinu. Z toho vypočítáme množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = Z_{\text{CNS}} \cdot (G_A + G_B + G_C) \Rightarrow Q = 5,5 \cdot (40 + 40 + 60) \Rightarrow Q = 770 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Z výše uvedeného vyplývá, že při těžbě ze třetí a páté etáže je navážka třemi auty předimenzovaná.

Provedu úpravu využití těžební techniky s přihlédnutím k čekání u násypky.

*Výpočet čekací doby u násypky:*

$Q_r$  .....rozdíl v navezených tunách ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$Q_n$  .....naložené tuny bez čekacích dob u násypky ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$Q$  .....kapacita linky ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$t_e$  .....čekací doba aut nebo prostoj linky (min)

$$Q_r = |Q_n - Q| \Rightarrow Q_r = |770 - 600| \Rightarrow Q_r = 170 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$t_{\epsilon} = \frac{Q_r}{Q} \cdot 60 \Rightarrow t_{\epsilon} = \frac{170}{600} \cdot 60 \Rightarrow t_{\epsilon} = 17 \text{ min}$$

Z výsledku vyplývá, že pokud provádíme kombinovanou těžbu ze třetí a páté etáže, je navážka na drtič dostatečná. Čekací doba u primární násypky je 17 min v jedné hodině. To pro jeden těžební stroj znamená 8,5 min čekání během hodiny, což sníží jeho využití o 14 %. Kolový nakladač je proto ve výsledku využitý na 56 % - 14 % = 42 % ± 7 % a pásové rypadlo na 72 % - 14 % = 58 % ± 7 %.

Protože je výsledek větší o  $170 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ , vytvoříme si rovnici o jedné neznámé. Víme, že navážka bude probíhat v režimu aut A + B nebo B + C. Mírně upravím dobu dopravního cyklu, na který bude mít dále vliv  $Z_{\text{CNS}}$ , což je skutečný počet nakládacích a dopravních cyklů.

$$\text{Pro variantu A + B bude doba nakládky: } t_{nA+B} = \frac{5,41 + 4}{2} \Rightarrow 4,71 \text{ min}$$

$$\text{Pro variantu B + C bude doba nakládky: } t_{nB+C} = \frac{5,41 + 3,2}{2} \Rightarrow 4,31 \text{ min}$$

$$\text{Průměr obou variant: } t_n = \frac{t_{nA+B} + t_{nB+C}}{2} \Rightarrow t_n = \frac{4,71 + 4,31}{2} = 4,51 \text{ min}$$

$$\text{Celkový dopravní cyklus: } T_c = t_j + t_n \Rightarrow T_c = 6,35 + 4,51 = 10,86 \text{ min}$$

Počet nakládacích a dopravních cyklů:

$$Z_{\text{CNS}} = \frac{60}{10,86} \qquad Z_{\text{CNS}} = 5,52$$

Výpočet potřebné nosnosti aut v jednom cyklu x:

$$Q = Z_{\text{CNS}} \cdot x \Rightarrow x = \frac{Q}{Z_{\text{CNS}}} \Rightarrow x = \frac{600}{5,8} \Rightarrow x = 108,7 \text{ t}$$

Závěr je podobný jako při navážce ze třetí a šesté etáže. V jednom dopravním cyklu potřebuji navézt 109 t rubaniny. Předpokládám, že použiji auta z nosností 60 t, 40 t a 30 t v různých kombinacích. Dalším důležitým hlediskem je, že při nakládce na sedmé etáži nám chybělo 30t auto. Naopak při výpočtu navážky ze třetí a páté etáže se kombinace

40 + 40 + 60 jeví jako předimenzovaná. V tomto případě by z čistě teoretického hlediska chybělo navézt téměř 9 t v jednom cyklu. Je však nutné si uvědomit, že jestliže pracuji z nepřesností  $\pm 7\%$ , mohlo by se stát, že se množství navezených tun v jednom cyklu bude pohybovat v rozmezí 101 t až 116 t za hodinu. Vypočítám variantu, která vychází ze zařazení dvou 60t aut společně se stávající těžební technikou. Doba nakládky 60tunového auta u pásového rypadla trvá 9 min, u kolového nakladače pak 4 minuty. Nakládka pásovým rypadlem bude prováděna na vzdálenějším těžebním místě, tedy na páté etáži a nakládka kolovým nakladačem na třetí etáži.

Počet cyklů ze třetí etáže:

$$Z_{c3} = \frac{60}{t_{j3} + t_{nn}} \Rightarrow Z_{c3} = \frac{60}{6,15 + 4} \Rightarrow Z_{c3} = 5,9$$

Počet cyklů z páté etáže:

$$Z_{c5} = \frac{60}{t_{j5} + t_{nr}} \Rightarrow Z_{c5} = \frac{60}{6,55 + 9} \Rightarrow Z_{c5} = 3,9$$

Množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = (Z_{c3} + Z_{c5}) \cdot G \Rightarrow Q = (5,9 + 3,9) \cdot 60 \Rightarrow Q = 588t$$

Podle výpočtu by na navážku z páté a třetí etáže stačila dvě 60t navážková auta. Ideální velikost lžice rypadla by měla být taková, aby bylo auto naloženo čtyřmi až sedmi nakládacími cykly. Z dosavadních výpočtů je zřejmé, že pokud bychom nasadili těžební techniku s tímto parametrem a současně na drtič potřebovali navézt  $600 t \cdot h^{-1}$ , bylo by vhodné na navážku použít auta s menší nosností. Předpokládám čtyři třicetitunová auta. V této diplomové práci však chci vycházet ze skutečného stavu na provozovně a co možná maximálně využít současné navážkové a těžební stroje.

**Závěrem této kapitoly lze napsat, že při těžbě na třetí a páté etáži je navážka, tak jak probíhá v současném stavu, předimenzována. Na navážce by stačila dvě 60tunová auta. Pásové rypadlo výkonnostně nevyhovuje a mělo by se vyměnit za větší.**



#### 4.3.4 Těžba ze třetí a čtvrté etáže

Čtvrtá etáž se nachází v nadmořské výšce 355 m n. m. Těžba je obvykle kombinována s těžbou na třetí etáži, která se nachází v nadmořské výšce 373 m n. m. Na třetí etáži se nachází materiál s větším množstvím jílovitých složek, kdežto na čtvrté etáži jsou zbytky moravské droby v kombinaci s flyšem. Proto je těžba kombinovaná, opět z důvodu odlišné barevnosti těžného materiálu. Podobně jako v předchozích kapitolách se i zde při kombinované těžbě na vzdálenější pracoviště nasazuje kolový nakladač a na bližší pásové rypadlo, protože nakladač nakládá rychleji. Vzhledem k tomu, že čtvrtá etáž je o 90 m blíž, nasazujeme na čtvrtou etáž pásové rypadlo a na třetí etáž kolový nakladač.

Těžební místo na čtvrté etáži je od primární násypky vzdáleno 460 m. Doba jízdy plného vozidla včetně vysypání činí 3 min a doba jízdy prázdného auta včetně couvání k nakládacímu stroji je 2 min. Těžba je řešena tak, že k pásovému rypadlu jezdí auto o nosnosti 40 t a další 40tunové auto jede jednou ke kolovému nakladači a jednou k pásovému rypadlu.

Vzdálenost těžebního místa na třetí etáži od primární násypky je 550 m. Doba jízdy včetně vysypání auta činí 3,7 min a doba jízdy prázdného auta k nakládacímu stroji je 2,45 min. Těžba je řešena tak, že ke kolovému nakladači jezdí auto o nosnosti 60 t a druhé 40tunové auto střídá těžební místo se čtvrtou etáží.

V následujícím výpočtu budu dokazovat, zda a do jaké míry je tato kombinace výhodná s ohledem k naplnění kapacity linky. Nejprve vypočítám, kolik aut je potřeba k jednomu rypadlu. Čekání u primární násypky zanedbám. K výpočtu ze třetí etáže použiji výsledky z předchozí kapitoly. Jelikož tam však nyní bude nakládat kolový nakladač, budu muset výsledky upravit o zkrácenou dobu nakládky. Rozdíl je v tom, že dobu dopravního cyklu střídajícího auta, označeného jako C, musím znovu přepočítat. Rovněž musím opravit dopravní cyklus auta B, které je nakládáno na čtvrté etáži.

*Kapacita dopravy na čtvrté etáži:*

$t_{j4}$  ..... doba jízdy na čtvrtou etáž a zpět včetně sklápění a couvání 5,5 min

$t_{nr}$  ..... doba nakládky pásového rypadla 5,41 min

$T_{CB}$  .....doba dopravního cyklu 40t auta nakládaného na čtvrté etáži

$$T_{CB} = t_{j4} + t_{nr} \Rightarrow T_{CB} = 5,5 + 5,41 \Rightarrow T_{CB} = 10,91 \text{ min}$$

$T_{CC}$  .....doba dopravního cyklu střídajícího auta C

$T_{CA3}$  .....doba dopravního cyklu 40t auta C při nakládce na třetí etáži

$T_{C4}$  .....doba dopravního cyklu aut B a C

$$T_{CC} = T_{CB} + T_{CA3} \Rightarrow T_{CC} = 10,91 + 9,35 \Rightarrow T_{CC} = 20,26 \text{ min}$$

$$T_{C4} = \frac{T_{CB} + T_{CB} + T_{CC}}{3} \Rightarrow T_{C4} = \frac{10,91 + 10,91 + 20,26}{3} \Rightarrow T_{C4} = 13,97 \text{ min}$$

$Z_r$  .....počet aut potřebných k obsluze pásového rypadla

$$Z_r = \frac{T_{C4}}{t_{nr}} \Rightarrow Z = \frac{13,97}{5,41} \Rightarrow Z = 2,58$$

Z výpočtu vyplývá, že k pásovému rypadlu by mohlo jezdit 2,58 aut za hodinu. Pásové rypadlo je tedy využité na 78 %, což je dostačující.

*Kapacita dopravy na třetí etáži:*

Doba dopravního cyklu auta A:

$$T_{CA} = t_{nn} + t_{j3} \Rightarrow T_{CA} = 4 + 6,15 \Rightarrow T_{CA} = 10,15 \text{ min}$$

$$\text{Doba dopravního cyklu: } T_{C3} = \frac{T_{CA} + T_{CA} + T_{CC}}{3}$$

$$T_{C3} = \frac{10,15 + 10,15 + 20,26}{3}$$

$$T_{C3} = 13,74 \text{ min}$$

Totéž provedeme pro dobu nakládky.

$$\text{Doba nakládky: } t_{nn} = \frac{t_{CA} + t_{CA} + t_{CC}}{3}$$

$$t_{nn} = \frac{4 + 4 + 3,2}{3}$$

$$t_{nn} = 3,73 \text{ min}$$

Počet aut potřebných ke kolovému nakladači:

$$Z_n = \frac{T_{C3}}{t_{nn}} \Rightarrow Z_n = \frac{13,74}{3,73} \Rightarrow Z_n = 3,68$$

$$Z_n - Z_{skut} = Z_{chyb} \Rightarrow 3,68 - 2 = 1,68$$

V tomto režimu nakládky chybí 1,68 auta. Nakladač je tedy využitý na 100 % jen, pokud bude nakládat 3,68 auta v hodině. Tuto hodnotu budu považovat za 100 %. Hodnota 1,68 z 3,8 činí 45 %. Nakladač je tedy nevyužitý na 45 % a naopak využitý je na 55 %. Kombinovaná těžba ze třetí a čtvrté etáže je lepší z hlediska využití kolového nakladače.

Jak víme z předešlých kapitol, při současné kombinaci 40 t + 40 t + 60 t jsou nutné 4,3 cykly za hodinu.

Celkovou dobu jízd všech aut vypočítám jako aritmetický průměr z jízdy auta A a auta B. Doba jízdy pro auto A je 6,15 min a pro auto B 5,5 min. Auto C, které střídá etáže, jede jednou delší a jednou kratší čas.

$$t_j = \frac{5,5 + 6,15}{2} \Rightarrow t_j = 5,83 \text{ min}$$

Průměrná doba jízdy aut je 5,83 min. K tomu je nutné připočíst dobu nakládky. Doba nakládky je dána podílem nakládání na etážích počtem naložení.

$$\text{Doba nakládky: } t_n = \frac{2 \cdot 4 + 3,2 + 3 \cdot 5,41}{6} \Rightarrow 4,57 \text{ min}$$

$$\text{Celkový dopravní cyklus: } T_c = t_j + t_n$$

$$T_c = 5,83 + 4,57 = 10,4 \text{ min}$$

Celkový součet jednoho dopravního a nakládacího cyklu je 10,4 minut. Provedeme jednoduchý výpočet, abychom zjistili počet skutečných nakládacích a dopravních cyklů za jednu hodinu.

$$Z_{\text{CNS}} = \frac{60}{10,98} \quad Z_{\text{CNS}} = 5,77$$

Z výsledku je zřejmé, že skutečný počet nakládacích a dopravních cyklů za hodinu je 5,7. Z této hodnoty pak vypočítáme množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = Z_{\text{CNS}} \cdot (G_A + G_B + G_C) \Rightarrow Q = 5,77 \cdot (40 + 40 + 60) \Rightarrow Q = 807 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Z výpočtu vyplývá, že při těžbě ze třetí a čtvrté etáže je navážka třemi auty předimenzovaná.

Provedu úpravu využití těžební techniky z důvodu čekání navážkových aut u násypky.

*Výpočet čekací doby u násypky:*

$Q_r$  ..... rozdíl v navezených tunách ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$Q_n$  ..... naložené tuny bez čekacích dob u násypky ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$Q$  ..... kapacita linky ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$t_{\text{č}}$  ..... čekací doba aut nebo prostoj linky (min)

$$Q_r = |Q_n - Q| \Rightarrow Q_r = |807 - 600| \Rightarrow Q_r = 207 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$t_{\text{č}} = \frac{Q_r}{Q} \cdot 60 \Rightarrow t_{\text{č}} = \frac{207}{600} \cdot 60 \Rightarrow t_{\text{č}} = 20,7 \text{ min}$$

Z výsledku je zřejmé, že pokud provádíme kombinovanou těžbu ze třetí a čtvrté etáže, je navážka na drtič dostatečná. Čekací doba u primární násypky je 20,7 min v jedné hodině. To znamená pro jeden těžební stroj 10,4 minuty v hodině a tím snížení využití těžební techniky o 17 %. Kolový nakladač je tedy využitý na 55 % - 17 % = 38 % ± 7 % a pásové rypadlo na 78 % - 17 % = 61 % ± 7 %.

Vzhledem k tomu, že výsledek je větší o  $207 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ , spočítám, zda by ke stávající těžební technice nestačila navážka dvěma auty. Vytvořím si rovnici o jedné neznámé. Víím, že navážka bude probíhat v režimu aut A + B nebo B + C.

Pro variantu A + B bude doba nakládky:

$$T_{CA} = t_{j4} + t_{nr} \Rightarrow T_{CA} = 5,5 + 5,41 \Rightarrow T_{CA} = 10,91 \text{ min}$$

$$Q_A = \frac{60}{T_{CA}} \cdot G_A \Rightarrow Q_A = \frac{60}{10,91} \cdot 60 \Rightarrow Q_A = 330 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$T_{CB} = t_{j3} + t_{nn} \Rightarrow T_{CB} = 6,15 + 4 \Rightarrow T_{CB} = 10,15 \text{ min}$$

$$Q_B = \frac{60}{T_{CB}} \cdot G_B \Rightarrow Q_B = \frac{60}{10,15} \cdot 40 \Rightarrow Q_B = 236 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Q = Q_A + Q_B \Rightarrow Q = 330 + 236 \Rightarrow Q = 566 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Z výpočtu je zřejmé, že v tomto případě je navážka 60t a 40t autem nedostatečná, proto nebudu dopočítávat variantu B + C.

Výpočet potřebné nosnosti aut v jednom cyklu x:

$$Q = Z_{CNS} \cdot x \Rightarrow x = \frac{Q}{Z_{CNS}} \Rightarrow x = \frac{600}{5,77} \Rightarrow x = 103,99 \text{ t}$$

Závěr je podobný jako při navážce ze třetí a šesté etáže. V jednom dopravním cyklu potřebuji navézt 103 t rubaniny. Předpokládám, že použiji auta z nosností 60 t, 40 t a 30 t v různých kombinacích. Dalším důležitým hlediskem je, že při nakládce na sedmé etáži nám chybělo 30t auto. Naopak při výpočtu navážky ze třetí a čtvrté etáže se navážka  $40 + 40 + 60$  jeví jako předimenzovaná. Na první pohled by se mohlo zdát, že ideální kombinací je 60t auto se 40t. Při této kombinaci by, z čistě teoretického hlediska, chybělo navézt 4 t za hodinu. Je ovšem nutné si uvědomit, že jestliže pracuji z nepřesností  $\pm 7\%$ , mohlo by se stát, že se množství navezených tun bude pohybovat v rozmezí 97 t až 111 t za hodinu.

Z těchto důvodů vypočítám kapacitu automobilové dopravy kombinací dvou 60t aut, spolu se stávající těžební technikou, tedy kolovým nakladačem a pásovým rypadlem. Doba nakládky 60tunového auta u pásového rypadla trvá 9 min a u kolového nakladače 4 min. Nakládka kolovým nakladačem bude prováděna na vzdálenějším těžebním místě, tedy na třetí etáži a nakládka pásovým rypadlem na čtvrté etáži.

Počet cyklů ze třetí etáže:

$$Z_{c3} = \frac{60}{t_{j3} + t_{nn}} \Rightarrow Z_{c3} = \frac{60}{6,15 + 4} \Rightarrow Z_{c3} = 5,91$$

Počet cyklů ze čtvrté etáže:

$$Z_{c4} = \frac{60}{t_{j4} + t_{nr}} \Rightarrow Z_{c4} = \frac{60}{5,5 + 9} \Rightarrow Z_{c4} = 4,4$$

Množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = (Z_{c3} + Z_{c4}) \cdot G \Rightarrow Q = (5,91 + 4,4) \cdot 60 \Rightarrow Q = 618t$$

Z výpočtu vychází, že na navážku ze čtvrté a třetí etáže by stačila dvě 60t navážková auta i bez výměny pásového rypadla, pokud zanedbáme nepřesnost  $\pm 7\%$ . Tu ovšem do úvahy počítat musíme.

**Závěrem této kapitoly lze napsat, že při těžbě ze čtvrté a třetí etáže je navážka, tak jak probíhá v současném stavu, předimenzována. K navážení by postačila dvě 60tunová auta. Pásové rypadlo výkonnostně nevyhovuje a muselo by se vyměnit za větší.**

#### 4.3.5 Těžba z páté a čtvrté etáže

Kombinace těchto těžebních míst se v minulosti výjimečně prováděla. Převážně z důvodu vytěžení rozvalů na třetí a druhé etáži. Budu tedy dopředu počítat i s touto variantou.

Těžební místo na čtvrté etáži je od primární násypky vzdáleno 460 m. Doba jízdy plného auta, včetně vysypání, činí 3 min a doba jízdy prázdného auta zpět, včetně couvání k nakládacímu stroji, jsou 2 min.

Těžební místo na páté etáži je vzdáleno od primární násypky 700 metrů. Doba jízdy plného auta včetně jeho vysypání činí 4 min a doba jízdy prázdného auta včetně stoupání je 2,55 min.

V následujícím výpočtu dokážu, zda a do jaké míry je tato kombinace výhodná vzhledem k naplnění kapacity linky. Nejprve vypočítám počet aut potřebných k jednomu

rypadlu. Dobu čekání u násypky opět zanedbám, což nám zjednoduší výpočet. Dále použiji výsledky výpočtů z předchozích kapitol, kde jsem výpočet z páté a čtvrté etáže již prováděl. Na páté etáži bude nakládat pásové rypadlo, protože etáž je úzká a na čtvrté etáži bude nakládat kolový nakladač.

*Kapacita dopravy z páté etáže:*

$t_{j5}$  .....doba jízdy na pátou etáž a zpět včetně sklápění a couvání 6,55 min

$t_{nr}$  .....doba nakládky pásového rypadla 5,41 min

$T_{CB}$  .....doba dopravního cyklu 40t auta nakládaného na páté etáži

$$T_{CB} = t_{j5} + t_{nr} \Rightarrow T_{CB} = 6,55 + 5,41 \Rightarrow T_{CB} = 11,96 \text{ min}$$

$T_{CC}$  .....doba dopravního cyklu střídajícího auta C

$T_{CA5}$  .....doba dopravního cyklu 40t auta C při nakládce na páté etáži

$$T_{CC} = T_{CB} + T_{CA5} \Rightarrow T_{CC} = 11,96 + 8,2 \Rightarrow T_{CC} = 20,16 \text{ min}$$

$T_{C5}$  .....doba dopravního cyklu k pásovému rypadlu

$$T_{C5} = \frac{T_{CB} + T_{CB} + T_{CC}}{3} \Rightarrow \frac{11,96 + 11,96 + 20,16}{3} \Rightarrow 14,7 \text{ min}$$

$Z_{r5}$  .....počet aut potřebných k obsluze pásového rypadla

$$Z_{r5} = \frac{T_{C5}}{t_{nr}} \Rightarrow Z = \frac{14,7}{5,41} \Rightarrow Z = 2,7$$

Podle výpočtu by k pásovému rypadlu mohlo jezdit 2,7 aut za hodinu. Z toho vyplývá, že pásové rypadlo je využité na 74 %.

*Kapacita dopravy ze čtvrté etáže:*

$t_{c4}$  .....doba jízdy na čtvrtou etáž a zpět včetně sklápění a couvání 5 min

$t_{nn}$  .....doba nakládky kolovým nakladačem 4 min (60 t) a 3,2 min (40 t)

$T_{CA}$  .....doba dopravního cyklu 60t auta nakládaného na čtvrté etáži

$$T_{CA} = t_{j4} + t_{nn} \Rightarrow T_{CA} = 5 + 4 \Rightarrow T_{CA} = 9 \text{ min}$$

$T_{CC}$  .....doba dopravního cyklu střídajícího auta C 20,16 min

$$T_{C4} = \frac{T_{CA} + T_{CA} + T_{CC}}{3} \Rightarrow \frac{9 + 9 + 20,09}{3} \Rightarrow 12,7 \text{ min}$$

$Z_r$  .....počet aut potřebných k obsluze kolového nakladače

$$Z_{r4} = \frac{T_{C4}}{t_{nn}} \Rightarrow Z = \frac{12,7}{\frac{1}{3}(2 \cdot 4 + 3,2)} \Rightarrow Z = 3,4$$

Z toho vyplývá, že ke kolovému nakladači by mohla jezdit 3,4 auta. Kolový nakladač je proto využitý na 58 %.

*Výpočet navezených tun za jednu hodinu:*

Nyní vypočítám počet aut nutných k navezení  $600 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ . Jak víme z předešlých kapitol, při současné kombinaci 40 t + 40 t + 60 t jsou nutné 4,3 cykly za hodinu.

Dobu jízdy aut vypočítám jako aritmetický průměr z doby jízdy auta A a auta B. Doba jízdy pro auto A je 5 min a pro auto B je 6,55 min. Auto C, které střídá etáže, jede jednou delší a jednou kratší čas.

$$t_j = \frac{5 + 6,55}{2} \Rightarrow t_j = 5,78 \text{ min}$$

Průměrná doba jízdy aut je 5,78 min. K tomu je ještě nutné připočíst dobu nakládky. Doba nakládky je podíl doby naložení na etážích počtem naložení.

$$\text{Doba nakládky: } t_n = \frac{2 \cdot 4 + 3,2 + 3 \cdot 5,41}{6} \Rightarrow 4,57 \text{ min}$$

Celkový dopravní cyklus:  $T_c = t_j + t_n$

$$T_c = 5,78 + 4,57 = 10,35 \text{ min}$$

Celkový součet jednoho dopravního a nakládacího cyklu je 10,35 min. Provedeme jednoduchý výpočet, abychom zjistili počet skutečných nakládacích a dopravních cyklů za jednu hodinu.



$$Z_{\text{CNS}} = \frac{60}{10,35} \qquad Z_{\text{CNS}} = 5,8$$

Skutečný počet nakládacích a dopravních cyklu za jednu hodinu je 5,8. Vypočítáme množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = Z_{\text{CNS}} \cdot (G_A + G_B + G_C) \Rightarrow Q = 5,8 \cdot (40 + 40 + 60) \Rightarrow Q = 812 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Za současné situace je kapacita automobilové dopravy předimenzována o  $212 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$

*Výpočet čekací doby u násypky:*

$$Q_r = |Q_n - Q| \Rightarrow Q_r = |812 - 600| \Rightarrow Q_r = 212 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$t_{\text{e}} = \frac{Q_r}{Q} \cdot 60 \Rightarrow t_{\text{e}} = \frac{212}{600} \cdot 60 \Rightarrow t_{\text{e}} = 21,2 \text{ min}$$

Z výsledku je zřejmé, že pokud provádíme kombinovanou těžbu z páté a čtvrté etáže, je navážka na drtič dostatečná. Čekací doba u primární násypky je 21,2 min v jedné hodině. Pro jeden těžební stroj je to 10,6 min během hodiny a tím snížení jeho využití o 18 %. Kolový nakladač je tedy využitý na  $55 \% - 18 \% = 37 \% \pm 7 \%$  a pásové rypadlo je využito na  $78 \% - 18 \% = 60 \% \pm 7 \%$ .

*Výpočet potřebné nosnosti aut v jednom cyklu x:*

$$Q = Z_{\text{CNS}} \cdot x \Rightarrow x = \frac{Q}{Z_{\text{CNS}}} \Rightarrow x = \frac{600}{5,8} \Rightarrow x = 103,45 \text{ t}$$

Výsledek 103 tun je téměř shodný s předešlými výpočty, a tudíž je podobný i závěr.

Vypočítám variantu na dvě 60t auta se současnou těžební technikou.

Počet cyklů z páté etáže:

$$Z_{\text{c5}} = \frac{60}{t_{\text{j5}} + t_{\text{nr}}} \Rightarrow Z_{\text{c5}} = \frac{60}{6,15 + 9} \Rightarrow Z_{\text{c5}} = 4$$

Počet cyklů ze čtvrté etáže:

$$Z_{\text{c4}} = \frac{60}{t_{\text{j4}} + t_{\text{nn}}} \Rightarrow Z_{\text{c4}} = \frac{60}{5,5 + 4} \Rightarrow Z_{\text{c4}} = 6,3$$

Množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = (Z_{c5} + Z_{c4}) \cdot G \Rightarrow Q = (4 + 6,3) \cdot 60 \Rightarrow Q = 618t$$

Na navážku ze čtvrté a páté etáže by stačila dvě 60t navážková auta i bez výměny pásového rypadla, pokud zanedbáme nepřesnost  $\pm 7\%$ . Tuto nepřesnost ovšem musíme vzít v úvahu.

**Závěrem této kapitoly lze napsat, že za současné situace je, při těžbě ze čtvrté a páté etáže, navážka předimenzována. K navážení by stačila dvě 60tunová auta. Pásové rypadlo výkonnostně nevyhovuje a muselo by se vyměnit za větší.**

#### 4.3.6 Těžba z šesté a čtvrté etáže

Kombinace těchto těžebních míst se provádí výjimečně a to jen v případě, pokud je rozval po clonovém odstřelu vytěžen a čeká se na další clonový odstřel.

Těžební místo na čtvrté etáži je od primární násypky vzdáleno 460 m. Doba jízdy plného auta včetně jeho vysypání činí 3 min a doba jízdy prázdného auta včetně couvání k nakládacímu stroji je 2 min.

Těžební místo na šesté etáži je vzdáleno od primární násypky 650 metrů. Doba jízdy plného auta včetně jeho vysypání činí 4,36 min a doba jízdy prázdného auta včetně stoupání je 2,45 min.

V následujícím výpočtu dokážu, zda a do jaké míry je tato kombinace výhodná s ohledem k naplnění kapacity linky. Nejprve vypočítám počet aut potřebných k jednomu rypadlu. Pro zjednodušení výpočtu opět zanedbám dobu čekání u výsypky. K výpočtu použiji výsledky z předchozích kapitol, kde jsem navážku ze šesté a čtvrté etáže již počítal. Na šesté etáži bude nakládat kolový nakladač, protože těžební místo se nachází dále od násypky.

*Kapacita dopravy z čtvrté etáže:*

$t_{j4}$  .....doba jízdy na čtvrtou etáž a zpět včetně sklápění a couvání 5 min

$t_{nr}$  .....doba nakládky pásového rypadla 5,41 min

$T_{CB}$  .....doba dopravního cyklu 40t auta nakládaného na čtvrté etáži

$$T_{CB} = t_{j4} + t_{nr} \Rightarrow T_{CB} = 5 + 5,41 \Rightarrow T_{CB} = 10,41 \text{ min}$$

$T_{CC}$  .....doba dopravního cyklu střídajícího auta C

$T_{CA4}$  .....doba dopravního cyklu 40t auta C při nakládce na čtvrté etáži

$$T_{CC} = T_{CB} + T_{CA6} \Rightarrow T_{CC} = 10,41 + 10 \Rightarrow T_{CC} = 20,41 \text{ min}$$

$T_{C5}$  .....doba dopravního cyklu k pásovému rypadlu

$$T_{C5} = \frac{T_{CB} + T_{CB} + T_{CC}}{3} \Rightarrow \frac{10,41 + 10,41 + 20,41}{3} \Rightarrow 13,74 \text{ min}$$

$Z_{r5}$  .....počet aut potřebných k obsluze pásového rypadla

$$Z_{r5} = \frac{T_{C5}}{t_{nr}} \Rightarrow Z = \frac{13,74}{5,41} \Rightarrow Z = 2,54$$

Z výsledku vyplývá, že k pásovému rypadlu by mohlo jezdit 2,54 aut. Pásové rypadlo je tedy využité na 79 %, což je z hlediska těžby dostačující.

*Kapacita dopravy ze šesté etáže:*

$t_{C6}$  .....doba jízdy na šestou etáž a zpět včetně sklápění a couvání 6,81 min

$t_{nn}$  .....doba nakládky kolovým nakladačem 4 min (60 t) a 3,2 min (40 t)

$T_{CA6}$  .....doba dopravního cyklu 60t auta nakládaného na čtvrté etáži

$$T_{CA6} = t_{C6} + t_{nn} \Rightarrow T_{CA6} = 5 + 4 \Rightarrow T_{CA6} = 9 \text{ min}$$

$T_{CC}$  .....doba dopravního cyklu střídajícího auta C

$$T_{C6} = \frac{T_{CA6} + T_{CA6} + T_{CC}}{3} \Rightarrow \frac{9 + 9 + 20,42}{3} \Rightarrow 12,8 \text{ min}$$

$Z_{r4}$  .....počet aut potřebných k obsluze kolového nakladače

$$Z_{r4} = \frac{T_{C4}}{t_{nn}} \Rightarrow Z = \frac{12,8}{\frac{1}{3}(2 \cdot 4 + 3,2)} \Rightarrow Z = 3,43$$

Podle výpočtu může kolový nakladač naložit 3,43 auta za hodinu. Kolový nakladač je tudíž využitý z 58 %.

*Potřebné množství navezených tun za jednu hodinu:*

Vypočítám množství aut nutných k navezení  $600 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ . Jak víme z předešlých kapitol, při současné kombinaci 40 t + 40 t + 60 t jsou nutné 4,3 cykly za hodinu.

Dobu jízdy aut vypočítám jako aritmetický průměr z doby jízdy auta A a auta B. Doba jízdy pro auto A činí 5 minut a pro auto B 6,55 minut. Auto C, které střídá etáže, jede jednou delší a jednou kratší čas.

$$t_j = \frac{5 + 6,81}{2} \Rightarrow t_j = 5,9 \text{ min}$$

Průměrná doba jízd aut je 5,9 minut. K tomu je nutné připočíst dobu nakládky. Doba nakládky je podíl doby nakládání na etážích počtem naložení.

$$\text{Doba nakládky: } t_n = \frac{2 \cdot 4 + 3,2 + 3 \cdot 5,41}{6} \Rightarrow 4,57 \text{ min}$$

Celkový dopravní cyklus:  $T_c = t_j + t_n$

$$T_c = 5,9 + 4,57 = 10,47 \text{ min}$$

Celkový součet jednoho dopravního a nakládacího cyklu je 10,47 minut. Dále provedeme jednoduchý výpočet, abychom zjistili počet skutečných nakládacích a dopravních cyklů za jednu hodinu.

$$Z_{\text{CNS}} = \frac{60}{10,47} \qquad Z_{\text{CNS}} = 5,73$$

Skutečný počet nakládacích a dopravních cyklů za jednu hodinu činí 5,73 cykly. Z toho vypočítáme množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = Z_{\text{CNS}} \cdot (G_A + G_B + G_C) \Rightarrow Q = 5,73 \cdot (40 + 40 + 60) \Rightarrow Q = 802 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Z toho vyplývá, že kapacita automobilové dopravy je v tomto stavu předimenzována o  $202 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ .

*Výpočet čekací doby u násypky:*

$$Q_r = |Q_n - Q| \Rightarrow Q_r = |802 - 600| \Rightarrow Q_r = 202 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$t_{\text{e}} = \frac{Q_r}{Q} \cdot 60 \Rightarrow t_{\text{e}} = \frac{202}{600} \cdot 60 \Rightarrow t_{\text{e}} = 20,2 \text{ min}$$

Z výsledku je zřejmé, že pokud provádíme kombinovanou těžbu ze čtvrté a šesté etáže, je navážka na drtič dostatečná. Čekací doba u primární násypky činí 20,2 minuty v jedné hodině. Což pro jeden těžební stroj znamená 10,1 minut v hodině a tím snížení jeho využití o 17 %. Kolový nakladač je proto využitý na 55 % - 17 % = 38 %  $\pm$  7 % a pásové rypadlo na 78 % - 17 % = 61 %  $\pm$  7 %.

Výpočet potřebné nosnosti aut v jednom cyklu x:

$$Q = Z_{\text{CNS}} \cdot x \Rightarrow x = \frac{Q}{Z_{\text{CNS}}} \Rightarrow x = \frac{600}{5,73} \Rightarrow x = 104,7 \text{ t}$$

Výsledek 104 tun je téměř shodný s předešlými výpočty.

Nyní vypočítám navážku dvěma 60t auty k současné těžební technice:

Počet cyklů ze šesté etáže:

$$Z_{\text{c6}} = \frac{60}{t_{\text{j6}} + t_{\text{nn}}} \Rightarrow Z_{\text{c6}} = \frac{60}{6,81 + 4} \Rightarrow Z_{\text{c6}} = 5,6$$

Počet cyklů ze čtvrté etáže:

$$Z_{\text{c4}} = \frac{60}{t_{\text{j4}} + t_{\text{nr}}} \Rightarrow Z_{\text{c4}} = \frac{60}{5 + 9} \Rightarrow Z_{\text{c4}} = 4,3$$

Množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = (Z_{\text{c6}} + Z_{\text{c4}}) \cdot G \Rightarrow Q = (5,6 + 4,3) \cdot 60 \Rightarrow Q = 594 \text{ t}$$

Z výpočtu jsem zjistil, že bez výměny pásového rypadla by na navážku ze čtvrté a třetí etáže dvě 60t navážková auta nestačila.

**Při těžbě ze čtvrté a šesté etáže je navážka, tak jak probíhá v současném stavu, předimenzována. Aby na navážení materiálu stačila dvě 60tunová auta, muselo by se vyměnit pásové rypadlo.**

### 4.3.7 Těžba z páté a šesté etáže

Jak již bylo konstatováno výše, těžba z páté etáže se v současnosti neprovádí z důvodu vytěžení etáže. Po odtěžení horních etáží, je však potřeba i s touto kombinací do budoucna počítat.

Těžební místo na páté etáži je od primární násypky vzdáleno 700 m. Doba jízdy plného auta včetně jeho vysypání činí 4 minuty a doba jízdy prázdného auta zpět, včetně couvání k nakládacímu stroji, je 2,25 minut.

Těžební místo na šesté etáži je od primární násypky vzdáleno 650 metrů. Doba jízdy naloženého auta včetně jeho vysypání činí 4,36 minuty a doba jízdy prázdného auta včetně couvání je 2,45 min.

Vypočítám, zda a do jaké míry je tato kombinace výhodná vzhledem k naplnění kapacity linky. Nejprve vypočítám počet aut potřebných k jednomu rypadlu. Na šesté etáži bude nakládat kolový nakladač. Na páté etáži pak pásové rypadlo, protože tato etáž je pro nakladač příliš úzká.

*Kapacita dopravy z páté etáže:*

$t_{j5}$  .....doba jízdy na pátou etáž a zpět včetně sklápění a couvání 6,55 min

$t_{nr}$  .....doba nakládky pásového rypadla 5,41 min

$T_{CB}$  .....doba dopravního cyklu 40t auta nakládaného na páté etáži

$$T_{CB} = t_{j5} + t_{nr} \Rightarrow T_{CB} = 6,55 + 5,41 \Rightarrow T_{CB} = 11,96 \text{ min}$$

$T_{CC}$  .....doba dopravního cyklu střídajícího auta C

$T_{CC6}$  .....doba dopravního cyklu 40t auta C při nakládce na šesté etáži

$$T_{CC} = T_{CB} + T_{CC6} \Rightarrow T_{CC} = 11,96 + 10 \Rightarrow T_{CC} = 20,96 \text{ min}$$

$T_{C5}$  .....doba dopravního cyklu k pásovému rypadlu

$$T_{C5} = \frac{T_{CB} + T_{CB} + T_{CC}}{3} \Rightarrow \frac{11,96 + 11,96 + 20,96}{3} \Rightarrow 14,96 \text{ min}$$

$Z_{r5}$  .....počet aut potřebných k obsluze pásového rypadla

$$Z_{r5} = \frac{T_{C5}}{t_{nr}} \Rightarrow Z = \frac{14,96}{5,41} \Rightarrow Z = 2,77$$

Z výpočtu vyplývá, že k pásovému rypadlu může jezdit 2,14 aut za hodinu. Pásové rypadlo je tedy využité na 72 %, což je z hlediska těžby dostačující.

*Kapacita dopravy ze šesté etáže:*

$t_{C6}$  .....doba jízdy na šestou etáž a zpět včetně sklápění a couvání 6,81 min

$t_{nn}$  .....doba nakládky kolovým nakladačem 4 min (60 t) a 3,2 min (40 t)

$T_{CA6}$  .....doba dopravního cyklu 60t auta nakládaného na šesté etáži

$$T_{CA6} = t_{C6} + t_{nn} \Rightarrow T_{CA6} = 6,81 + 4 \Rightarrow T_{CA6} = 10,81 \text{ min}$$

$T_{CC}$  .....doba dopravního cyklu střídajícího auta C

$$T_{C6} = \frac{T_{CA6} + T_{CA6} + T_{CC}}{3} \Rightarrow \frac{10,81 + 10,81 + 20,96}{3} \Rightarrow 14,19 \text{ min}$$

$Z_{r4}$  .....počet aut potřebných k obsluze kolového nakladače

$$Z_{r4} = \frac{T_{C4}}{t_{nn}} \Rightarrow Z_{r4} = \frac{14,19}{\frac{1}{3}(2 \cdot 4 + 3,2)} \Rightarrow Z_{r4} = 3,8$$

Z výpočtu je dané, že ke kolovému nakladači může jezdit 3,8 aut za hodinu. Stroj je proto využitý na 52 %.

*Potřebné množství navezených tun za jednu hodinu:*

Nyní vypočítám množství aut potřebných k navedení  $600 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ . Jak víme z předešlých kapitol, při současné kombinaci 40 t + 40 t + 60 t jsou nutné 4,3 cykly za hodinu.

Dobu jízdy aut vypočítám jako aritmetický průměr z doby jízdy auta A a auta B. Doba jízdy pro auto A je 6,81 minut a pro auto B je to 6,55 minut. Auto C, které střídá etáže, jede jednou delší čas a jednou kratší čas.

$$t_j = \frac{6,55 + 6,81}{2} \Rightarrow t_j = 6,68 \text{ min}$$

Průměrná doba jízdy aut je 6,68 minut. K tomuto výsledku je nutné připočíst dobu nakládky, což je podíl nakládání na etážích počtem naložení.

$$\text{Doba nakládky: } t_n = \frac{2 \cdot 4 + 3,2 + 3 \cdot 5,41}{6} \Rightarrow 4,57 \text{ min}$$

$$\text{Celkový dopravní cyklus: } T_c = t_j + t_n$$

$$T_c = 6,68 + 4,57 = 11,25 \text{ min}$$

Celkový součet jednoho dopravního a nakládacího cyklu je 11,25 minut. Dále provedeme jednoduchý výpočet, ze kterého zjistíme počet skutečných nakládacích a dopravních cyklů za jednu hodinu.

$$Z_{\text{CNS}} = \frac{60}{11,25} \qquad Z_{\text{CNS}} = 5,33$$

Skutečný počet nakládacích a dopravních cyklu za jednu hodinu je 5,33 cyklů. Nyní vypočítáme množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = Z_{\text{CNS}} \cdot (G_A + G_B + G_C) \Rightarrow Q = 5,33 \cdot (40 + 40 + 60) \Rightarrow Q = 742 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Z toho vyplývá, že kapacita automobilové dopravy je v současném stavu předimenzována o  $142 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ .

*Výpočet čekací doby u násypky:*

$$Q_r = |Q_n - Q| \Rightarrow Q_r = |742 - 600| \Rightarrow Q_r = 142 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$t_{\text{e}} = \frac{Q_r}{Q} \cdot 60 \Rightarrow t_{\text{e}} = \frac{202}{600} \cdot 60 \Rightarrow t_{\text{e}} = 14,2 \text{ min}$$

Z výsledku je zřejmé, že pokud provádíme kombinovanou těžbu z páté a šesté etáže, je navážka na drtič dostatečná. Čekací doba u primární násypky činí 14,2 minut v jedné hodině. To pro jeden těžební stroj znamená 7,1 minuty během hodiny a tím snížení jeho využití o 12 %. Kolový nakladač je tak využitý na  $55 \% - 12 \% = 43 \% \pm 7 \%$  a pásové rypadlo potom na  $78 \% - 12 \% = 66 \% \pm 7 \%$ .



Výpočet potřebné nosnosti aut v jednom cyklu x:

$$Q = Z_{\text{CNS}} \cdot x \Rightarrow x = \frac{Q}{Z_{\text{CNS}}} \Rightarrow x = \frac{600}{5,33} \Rightarrow x = 112,5\text{t}$$

Výsledek 112 tun je ze všech dosud vypočítaných variant největší. Pokud budu počítat s rozptylem 7 %, potom množství potřebných tun v jednom cyklu se bude pohybovat od 105 t do 120 t.

Navážka dvěma 60t auty k stávající těžební technice:

Počet cyklů z páté etáže:

$$Z_{c5} = \frac{60}{t_{j5} + t_{nr}} \Rightarrow Z_{c5} = \frac{60}{6,25 + 9} \Rightarrow Z_{c5} = 4$$

Počet cyklů ze šesté etáže:

$$Z_{c6} = \frac{60}{t_6 + t_{nn}} \Rightarrow Z_{c6} = \frac{60}{6,81 + 4} \Rightarrow Z_{c6} = 5,6$$

Množství navezených tun za jednu hodinu:

$$Q = (Z_{c5} + Z_{c6}) \cdot G \Rightarrow Q = (4 + 5,6) \cdot 60 \Rightarrow Q = 576\text{t}$$

Na navážku ze šesté a páté etáže by stačila dvě 60t navážková auta, jen pokud by se pásové rypadlo vyměnilo za rypadlo s větší výkonností.

**Při těžbě ze šesté a páté etáže je současná kapacita dopravy předimenzována o 142 tun za hodinu. Na navážce by, při tomto způsobu dopravy, stačila dvě 60t navážková auta společně s výměnou pásového rypadla za rypadlo s větší výkonností.**

#### 4.4 Shrnutí současného stavu nakládky a navážky

Shrnutí současného stavu navážky a nakládky provedu pomocí zápisu do tabulky. V tabulce budou shrnuty všechny mnou vypočítané hodnoty, na základě kterých stanovím podmínky výběru dobývací a těžební techniky.

V předchozích kapitolách jsem několikrát zmínil, že bude nutné provést výměnu pásového rypadla CAT 330 za pásové rypadlo z větší výkonností. Proto provedu výpočet doby nakládání dvou 60t navážkových aut na každé etáži zvlášť a výsledky zaznamenám

do tabulky. Ve výpočtu budu počítat se zvýšením výkonu technologické linky o 15 %. Těchto 15 % zahrnuje dobu čekání u těžebních strojů, čekání u násypky a jiné prostoje. Do výpočtu nebudu počítat navážku ze sedmé etáže, která je samostatně řešena v kapitole 4.3.1, a která nemá na výběr těžební techniky zásadní vliv.

*Výpočet doby nakládání nového rypadla, etáž 3 + 6:*

$$1,15 \cdot Q = (Z_{c3} + Z_{c6}) \cdot G \Rightarrow 1,15 \cdot 600 = (Z_{c3} + 5,55) \cdot 60 \Rightarrow Z_{c3} = 5,95$$

$$Z_{c3} = \frac{60}{t_{j3} + t_{nr}} \Rightarrow 5,95 = \frac{60}{6,15 + t_{nr}} \Rightarrow t_{nr} = 4 \text{ min}$$

*Výpočet doby nakládání nového rypadla, etáž 3 + 5:*

$$1,15 \cdot Q = (Z_{c3} + Z_{c5}) \cdot G \Rightarrow 1,15 \cdot 600 = (5,9 + Z_{c5}) \cdot 60 \Rightarrow Z_{c5} = 5,6$$

$$Z_{c5} = \frac{60}{t_{j5} + t_{nr}} \Rightarrow 5,6 = \frac{60}{6,15 + t_{nr}} \Rightarrow t_{nr} = 4,6 \text{ min}$$

*Výpočet doby nakládání nového rypadla, etáž 3 + 4:*

$$1,15 \cdot Q = (Z_{c3} + Z_{c4}) \cdot G \Rightarrow 1,15 \cdot 600 = (5,9 + Z_{c4}) \cdot 60 \Rightarrow Z_{c4} = 5,6$$

$$Z_{c4} = \frac{60}{t_{j4} + t_{nr}} \Rightarrow 5,6 = \frac{60}{6,15 + t_{nr}} \Rightarrow t_{nr} = 5,6 \text{ min}$$

*Výpočet doby nakládání nového rypadla, etáž 5 + 4:*

$$1,15 \cdot Q = (Z_{c5} + Z_{c4}) \cdot G \Rightarrow 1,15 \cdot 600 = (Z_{c5} + 6,7) \cdot 60 \Rightarrow Z_{c5} = 4,8$$

$$Z_{c5} = \frac{60}{t_{j5} + t_{nr}} \Rightarrow 4,8 = \frac{60}{6,55 + t_{nr}} \Rightarrow t_{nr} = 5,95 \text{ min}$$

*Výpočet doby nakládání nového rypadla, etáž 6 + 4:*

$$1,15 \cdot Q = (Z_{c4} + Z_{c6}) \cdot G \Rightarrow 1,15 \cdot 600 = (Z_{c4} + 5,55) \cdot 60 \Rightarrow Z_{c3} = 5,95$$

$$Z_{c4} = \frac{60}{t_{j4} + t_{nr}} \Rightarrow 5,95 = \frac{60}{5 + t_{nr}} \Rightarrow t_{nr} = 5 \text{ min}$$

*Výpočet doby nakládání nového rypadla, etáž 5 + 6:*

$$1,15 \cdot Q = (Z_{c5} + Z_{c6}) \cdot G \Rightarrow 1,15 \cdot 600 = (Z_{c5} + 5,55) \cdot 60 \Rightarrow Z_{c3} = 5,95$$

$$Z_{c3} = \frac{60}{t_{j3} + t_{nr}} \Rightarrow 5,95 = \frac{60}{6,55 + t_{nr}} \Rightarrow t_{nr} = 3,5 \text{ min}$$

$Q_n$  ..... navezené tuny za hodinu ( $t \cdot h^{-1}$ )

$Q_c$  ..... množství tun potřebných k navezení  $600 t \cdot h^{-1}$  v jednom cyklu se současnou těžební technikou ( $t \cdot \text{cyk}^{-1}$ )

$2 \cdot 60t$  ..... množství navezených tun dvěma  $60t$  auty k současné těžební technice ( $t \cdot h^{-1}$ )

v. nak ..... využití kolového nakladače (%)

v. ryp ..... využití pásového rypadla (%)

$Q_c + 15 \%$  ..... navezené tuny v jednom cyklu + 15 % (t)

$t_{nr}$  ..... potřebná délka nakládacího cyklu nového rypadla (min)

Tabulka č. 3: Shrnutí navážky a nakládky

| Etáž           | 3 + 6 | 3 + 5 | 3 + 4 | 5 + 4 | 6 + 4 | 5 + 6 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Q_n$          | 764   | 770   | 807   | 812   | 802   | 742   |
| $Q_c$          | 109   | 108   | 104   | 103   | 105   | 112   |
| $2 \cdot 60t$  | 570   | 588   | 618   | 618   | 594   | 552   |
| v. nak.        | 45 %  | 42 %  | 38 %  | 37 %  | 38 %  | 43 %  |
| v. ryp.        | 65 %  | 58 %  | 61 %  | 60 %  | 78 %  | 66 %  |
| $Q_c + 15\%$   | 117   | 124   | 120   | 118   | 121   | 128   |
| $t_{nr}$ (min) | 4     | 4,6   | 5,6   | 5,95  | 5     | 3,5   |

Do výše uvedené úvahy je dále nutné započítat prodloužení vzdáleností těžebních míst a to až o 200 metrů v průběhu pěti let. To znamená, že auto potom ujede v jednom dopravním cyklu o 400 metrů víc. Průměrná rychlost aut na etážích je  $25 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Na základě toho tedy vypočítám, o kolik minut se prodlouží dopravní cyklus.

*Prodloužení dopravního cyklu:*

$$t = \frac{s}{v} \Rightarrow t = \frac{0,4}{25} \Rightarrow t = 0,016\text{h} \Rightarrow t = 0,96 \text{ min}$$

**Dopravní cyklus bude tedy nutné prodloužit o 1 minutu a touto minutou pak zkrátit doby nakládání.**

Vyhodnocením tabulky lze jednoznačně napsat, že potřebujeme pásové rypadlo, které bude schopné provádět nakládku na 60t auto za přibližně 3 až 4 minuty. Na navážku ze všech etáží, kromě sedmé, budou potom stačit pouze dvě 60t auta. Při těžbě ze sedmé etáže by bylo naopak nutné, posílit navážku ještě o jedno 60t auto. Pokud vycházíme ze současného stavu navážkové techniky, tedy tři 40t auta a jedno 60t, potom z ekonomického hlediska by zřejmě stačilo vyměnit jedno 40t auto za 60t a při těžbě ze sedmé etáže nasadit dvě 60t auta a jedno, popřípadě dvě, 40t auta.

Dále lze vycházet ze vztahu [3]:

$$Z_c = (1,3 \div 1,45) \cdot Z$$

$Z_c$  ..... celkový počet potřebných vozidel

$(1,3 \div 1,45)$  ..... koeficient potřebných aut v záloze a aut v opravě

$Z$  ..... počet aut potřebných na navážku

Pokud budu vycházet z výše uvedeného vztahu a vím, že na navážku ze sedmé etáže potřebuji minimálně tři auta, vychází výsledek 4,125 auta.

Výběrem typu pásového rypadla a navážkového auta se budu zabývat v další kapitole.

## 5 VÝBĚR RYPADLA

### 5.1 Podmínky výběru

Nový těžební stroj musí splňovat několik podmínek. Při jeho výběru budu tedy vycházet z těchto kritérií.

*Podmínky pro výběr stroje:*

1. Dočišťování etáží a pat vzniklých chybnými odstřely
2. Doba naložení 40t nebo 60t auta 3 až 4 minuty
3. Nedostatek manipulačního prostoru. Některé etáže jsou místy jen 15 m široké
4. Cena stroje a provozní náklady

Ad 1 - Dočišťování etáží a pat po těžbě kolovým nakladačem je v kamenolomu prakticky běžnou věcí. Odstřely v lomu provádí dodavatelská firma STV grup. V této diplomové práci se nebudu zabývat důvody, proč ke vzniku pat či jiným komplikacím v tomto směru dochází, ale praxe je taková, že kolový nakladač není schopen tyto paty vyčistit a připravit je tak k odstřelu. Další činností pásového rypadla je začišťování horní hrany etáže po clonovém odstřelu tak, aby po vytěžení nedocházelo k převisům. Tyto důvody jsou natolik závažné, že jako dobývací stroj **volím jednoznačně pásové rypadlo**.

Ad 2 - Doba naložení navážkového auta je vypočítána v předešlých kapitolách. Jistě by bylo možné navrhnout dobývací stroj s delší dobou nakládky, ale k takovému těžebnímu stroji by bylo zapotřebí další auto s řidičem, což by navážení rubaniny celkově prodražilo. Výběr rypadla s ohledem na dobu nakládání je značně komplikovaný, protože žádný výrobce u technické specifikace rypadel neuvádí dokonce ani teoretickou výkonnost.

Víme, že doba naložení auta by měla proběhnout ve třech až sedmi cyklech. [4]

Po konzultaci s pracovníkem firmy CAT jsem se dozvěděl, že doba jednoho nakládacího cyklu se pohybuje obvykle kolem dvaceti sekund. Firma CAT dokonce vlastní program na výpočet automobilové dopravy, který je však učen jen pro interní použití a není veřejně dostupný. Dal mi však k dispozici materiály, z kterých je zřejmé, pro jaké

navážkové auto je použitelný jaký těžební stroj. Bohužel, všude v návrhu jsou jako těžební stroje zvolené kolové nakladače. Protože dlouhodobě sleduji těžbu v kamenolomu Hrabůvka, vím, že z hlediska provozních nákladů vychází levněji pásová rypadla, což také dokážu dále v textu. Myslím si, že výrobce navrhuje zákazníkům tu variantu, která je pro něj finančně výhodnější. Výhodu kolového nakladače spatřuji pouze v jeho větší mobilitě, která však pro těžbu v kamenolomu není tak důležitá. Výběr přesného typu pásového rypadla je velmi komplikovaný také z důvodu velkého množství výrobců a tím i široké nabídky produktů.

Pokud tedy chci zvolit vhodné rypadlo podle doby nakládání a přitom mám k dispozici pouze veřejně dostupné materiály od výrobců, budu muset vycházet hlavně z velikosti a objemu lžice. I když bych mohl objem korby auta vydělit množstvím nakládacích cyklů, z čehož vyjde velikost lopaty, z finančních důvodů zvolím jiný způsob. Vypočítám minimální objem lžice a budu přitom vycházet z velikosti korby a délky jednoho nakládacího cyklu 20 s.

*Výpočet velikosti lopaty:*

$$V_l = \frac{V_k}{N_c} \qquad N_c = \frac{t_{cel}}{t_{cyk}}$$

$V_l$  .....objem lopaty ( $m^3$ )

$V_{ln}$  .....objem naložené lžice ( $m^3$ )

$V_k$  .....objem korby ( $m^3$ )

$N_c$  .....počet nakládacích cyklů

$t_{cel}$  .....doba nakládky (s)

$t_{cyk}$  .....doba jednoho nakládacího cyklu (s)

$k_n$  .....koeficient nakypření 1,45

$k_p$  .....koeficient plnění volím 1,2

$\delta$  .....objemová hmotnost těživa v rostlém stavu ( $t \cdot m^3$ )

$$N_c = \frac{180}{20} \Rightarrow N_c = 9$$

Z výše uvedeného vztahu vyplývá, že pokud potřebuji auto naložit do tří minut, je na to nutných devět nakládacích cyklů.

$$V_k = \frac{G}{\delta} \cdot k_n \Rightarrow V_k = \frac{60}{2,5} \cdot 1,45 \Rightarrow V_k = 34,5 \text{ m}^3$$

$$V_{ln} = \frac{V_k}{N_c} \Rightarrow V_l = \frac{34,5}{9} \Rightarrow V_l = 3,8 \text{ m}^3$$

$$V_l = \frac{V_{ln}}{k_p} \Rightarrow V_l = \frac{3,8}{1,2} \Rightarrow V_l = 3,2 \text{ m}^3$$

**Z výpočtu vyplývá, že pásové rypadlo by mělo mít objem lopaty 3,2 m<sup>3</sup>.**

Ad 3 – Vzhledem k nedostatku manipulačního prostoru je nutné v některých částech kamenolomu, především na páté etáži, nasazovat do těžby pouze **pásové rypadlo**.

Ad 4 – Při výběru rypadla bude rozhodující nejen cena stroje, ale také provozní náklady. Oba tyto parametry jsou velice komplikované. Podle prodejců, se kterými jsem hovořil, jsou totiž ceny pouze informativní. Když jsem se pokoušel zjistit alespoň průměrnou spotřebu, dostával jsem rovněž nejasné odpovědi. Například, že záleží na způsobu těžby, na strojníkovi, na rypných odporech apod.

Pásová rypadla jsou v nabídce jak s hloubkovou lžicí, tak i se lžicí výškovou. Rypadla s výškovou lžicí nejsou v České republice příliš používána a v oficiální nabídce, s přihlédnutím k požadovanému objemu lžice, je prodává pouze firma Liebherr. Tyto rypadla mají podobnou hydrauliku, stejný typ podvozku i stejný motor jako rypadlo s hloubkovou lopatou. Rypadlo s hloubkovou lžicí má o 6 % větší vylamovací sílu než rypadlo se lžicí výškovou, které má pak naopak větší kopnou sílu a to až o 25 %. To je patrné například na výložníku a násadě, které jsou z masivnějšího materiálu. [11]



*Obrázek č. 14: Rypadlo Liebher 966 s hloubkovou lopatou [11]*



*Obrázek č. 15: Liebher 966 s výškovou lopatou [11]*



Další výhodou rypadla s výškovou lopatou je robustnější konstrukce. Od toho se odvíjí větší odolnost stroje a s tím související menší poruchovost. Podle strojníků, kteří mají s tímto typem rypadla zkušenosti, se s rypadlem s výškovou lopatou lépe udržuje rovina etáže a průnik lopaty do materiálu je plynulejší. Nespornou výhodou také je, že před těžbou není nutné upravovat těžební rampu.

Nevýhodou tohoto stroje oproti rypadlu s hloubkovou lopatou je komplikovaný způsob orámování stěny po odstřelu, odstraňování vyšších převisů, čištění pat na etážích a v neposlední řadě také nedostatek místa pro těžbu v úzkých etážích.

**Především z důvodu nedostatku místa na některých těžebních etážích volím pro výběr těžebního stroje pásové rypadlo s hloubkovou lopatou.**

## 5.2 Rypadlo Komatsu PC 490 LC-11

Rypadlo Komatsu PC 490 LC-11 je pásové rypadlo s hloubkovou lžicí.



*Obrázek č. 16: Komatsu PC490LC-11 s hloubkovou lopatou [12]*

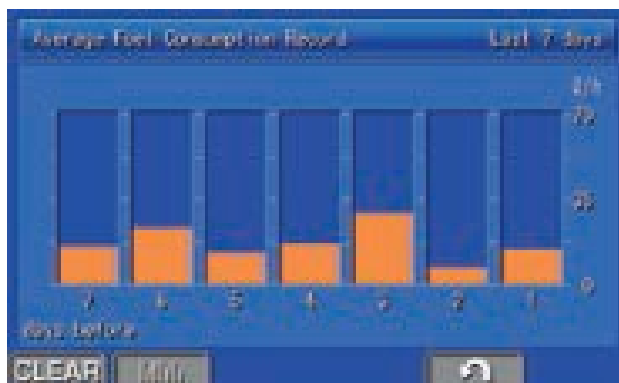
*Technické údaje rypadla:*

- Typ motoru Komatsu SAA6D 125E-7
- Výkon motoru 270 kW
- Provozní hmotnost 47 370 kg – 48 860 kg
- Objem lopaty 3,5m<sup>3</sup> [11]

Nyní popíši důležité vlastnosti, které by podle mého názoru měly rozhodnout o výběru stroje. Veškeré informace, které o rypadle Komatsu poskytuje výrobce, pak budou obsaženy v příloze č. 3.

*Technologie Komatsu pro úsporu paliva:*

U rypadla je až o 11 % nižší spotřeba paliva. Variabilní slazení otáček motoru a hydraulických čerpadel zaručují efektivitu a přesnost během jednotlivých i kombinovaných pohybů. Funkce automatického vypnutí při nečinnosti samočinně vypne motor poté, co je po stanovenou dobu nečinný. Tuto funkci lze snadno naprogramovat na dobu od 5 do 60 minut. Ukazatel Eco a tipy Eco na monitoru v kabině řidiče ještě více podporují efektivitu provozu. [12]



Obrázek č. 17: Ukazatel spotřeby paliva [12]

Ovládání výložníku je umožněno ve dvou režimech. Jednak režim „power“ pro efektivnější rypnou sílu rypadla a dále pak režim „jemný“ pro nabírání materiálu a nenáročné srovnávací operace. Zapnutí funkce PowerMax způsobí dočasné zvýšení výkonu a rypné síly. Stroj má potřebný výkon při nejnížší možné spotřebě paliva a disponuje šesti pracovními režimy. [12] Obsluha tak může s ohledem na příslušnou práci ideálně vyvážit režimy Economy mezi výkonným a ekonomickým provozem. [12]

*Informační a komunikační technologie:*

Veškeré ovládání monitoru je v českém jazyce. Díky inovovanému rozhraní monitoru je nyní mnohem jednodušší potřebné informace nalézt a pochopit. Pohled zadního kamerového systému je rovněž začleněn do výchozí hlavní obrazovky. [12]

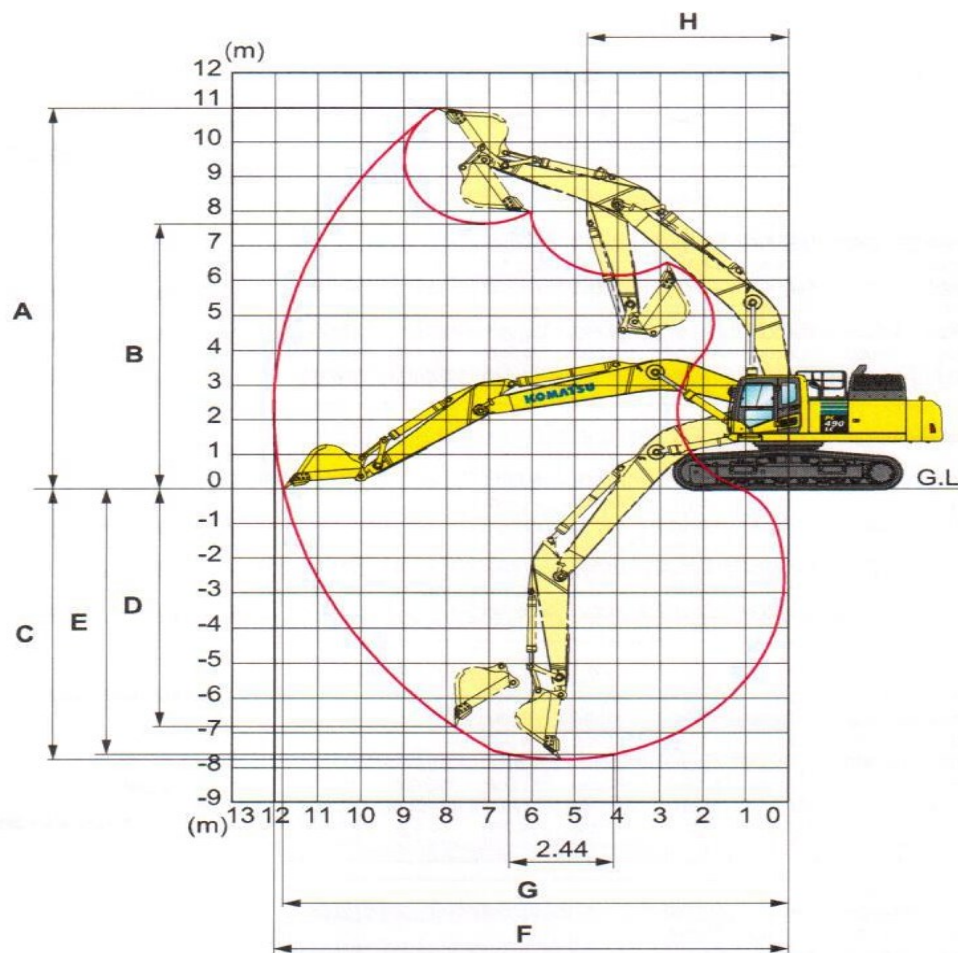
*Údržba stroje:*

Firma Komatsu navrhla rypadlo s centralizovanými body údržby, aby se nezbytné kontroly a údržba maximálně usnadnila a urychlila. Program Komatsu CARE<sup>TM</sup> je zdarma poskytovaný program údržby, který je standardně dodáván ke každému novému stroji. Během prvních 3 let nebo 2 000 provozních hodin zahrnuje předepsanou údržbu, která je prováděna servisními technikami Komatsu. Program dále nabízí dvě výměnné jednotky filtru pevných částic pro vznětové motory a jejich záruku na dobu prvních 5 let nebo 9 000 provozních hodin. Náklady na údržbu rovněž snižují originální filtry hydraulického oleje, díky kterým se prodloužily intervaly výměny. [12]

Vzhledem k tomu, že volím rypadlo na horní hranici výkonnosti, doporučuji ho osadit krátkým výložníkem a krátkou násadou viz příloha č. 3.

*Ostatní důležité údaje:*

- Objem palivové nádrže ..... 650 l
- Nádržka AdBlue..... 39 l
- Maximální rychlost otáčení..... 9,1 ot · min<sup>-1</sup>
- Kroutící moment otoče..... 132 kN
- Stoupavost..... 70 %
- Pojezdová rychlost ..... 4,2 km · h<sup>-1</sup>
- Max. tažná síla ..... 333 kN
- Rypná síla od válce lopaty ..... 256 kN t
- Rypná síla od válce násady ..... 254 kN [12]
- Cena stroje..... 9 000 000 Kč



Obrázek č. 18: Graf pracovního dosahu rypadla Komatsu [12]

## KRÁTKÝ VÝLOŽNÍK

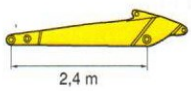
| DÉLKA NÁSADY  | 2,4 m     |
|---|-----------|
| A Maximální rypná výška                             | 10.510 mm |
| B Maximální výsypná výška                           | 7.075 mm  |
| C Maximální rypná hloubka                           | 6.365 mm  |
| D Maximální svislá rypná hloubka                    | 4.365 mm  |
| E Maximální rypná hloubka při vodorovném dnu 2,44 m | 5.630 mm  |
| F Maximální rypný dosah                             | 10.605 mm |
| G Maximální rypný dosah při zemi                    | 10.360 mm |
| H Minimální poloměr otočení                         | 4.265 mm  |

Obrázek č. 19: Vzdálenosti pracovního dosahu rypadla Komatsu [12]





### PC490LC-11 KRÁTKÝ VÝLOŽNÍK

| Délka násady  | A      |    | ⊗       |        | 9,0 m |   | 7,0 m   |        | 6,0 m   |         | 4,5 m   |         | 3,0 m   |         |
|---|--------|----|---------|--------|-------|---|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | B      |    | ⊗       | ⊗      | ⊗     | ⊗ | ⊗       | ⊗      | ⊗       | ⊗       | ⊗       | ⊗       | ⊗       | ⊗       |
|  | 6,0 m  | kg | *13.690 | 10.340 |       |   | *14.570 | 12.800 | *15.930 | *15.930 |         |         |         |         |
|   | 4,5 m  | kg | *13.450 | 9.270  |       |   | *15.480 | 12.470 | *17.560 | 15.500  |         |         |         |         |
|   | 3,0 m  | kg | 12.970  | 8.760  |       |   | *16.440 | 12.090 | *19.140 | 14.890  |         |         |         |         |
|   | 1,5 m  | kg | 12.860  | 8.660  |       |   | *17.000 | 11.790 | *19.940 | 14.450  |         |         |         |         |
|   | 0,0 m  | kg | *13.200 | 8.940  |       |   | *16.810 | 11.620 | *19.650 | 14.250  |         |         |         |         |
|   | -1,5 m | kg | *12.910 | 9.750  |       |   | *15.600 | 11.600 | *18.200 | 14.240  | *22.490 | 21.690  |         |         |
|   | -3,0 m | kg | *12.110 | 11.520 |       |   | *12.550 | 11.780 | *15.260 | 14.420  | *18.700 | *18.700 | *20.230 | *20.230 |
|   | -4,5 m | kg |         |        |       |   |         |        |         |         |         |         |         |         |

Obrázek č. 20: Nosnost rypadla Komatsu [12]

### 5.3 Rypadlo CAT 352F

Rypadlo CAT 352F je rypadlo s hloubkovou lžící.



Obrázek č. 21 : Rypadlo CAT 352F [13]

Technické údaje rypadla:

- Typ motoru Cat C13
- Výkon motoru 304 kW
- Provozní hmotnost 51 100 kg – 53 500 kg
- Objem lopaty  $3,2\text{m}^3$  [13]

*Technologie CAT pro úsporu paliva:*

Rypadlo CAT díky funkci řízení otáček motoru šetří palivo tím, že automaticky snižuje otáčky motoru, když je stroj nepotřebuje. [13]

Elektrická regenerace výložníku a násady udržuje průtok oleje u hlav a pístnic válců namísto toho, aby proudily zpět do nádrže. Díky tomu jsou ztráty tlaku minimální, což zajišťuje lepší ovladatelnost stroje, vyšší produktivita a nižší provozní náklady. [13]

Technologie Smart-Boom omezuje namáhání a vibrace přenášené na stroj při škrábání kamene, činnosti kladiva a nakládání vozidel. Výsledkem je vyšší produktivita a lepší palivová hospodárnost. [13]

*Informační a komunikační technologie:*

Veškeré ovládání monitoru je v českém jazyce. [13]

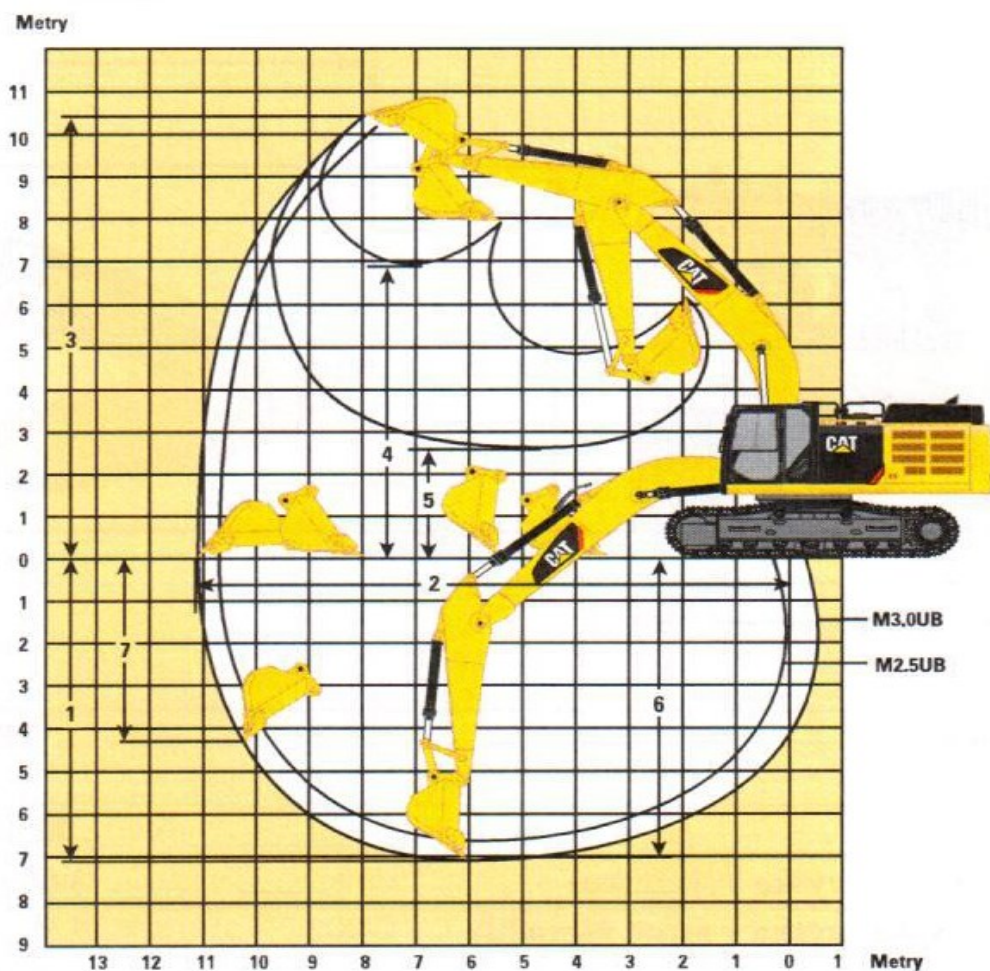
*Údržba stroje:*

Co se týče údržby stroje, tak z tohoto pohledu není v prospektu žádná důležitá informace. Z vlastní zkušenosti vím, a po rozhovoru s majitelem firmy Dostál, která vlastní jen stroje Caterpillar, jsem přesvědčen, že kvalita a vybavení servisních techniků firmy Zeppelin je na vysoké úrovni.

*Ostatní důležité údaje:*

- Objem palivové nádrže ..... 720 l
- Nádržka AdBlue..... 41 l
- Maximální rychlost otáčení.....  $8,7 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$
- Krouticí moment otoče..... 148 kN
- Stoupavost..... 70 %
- Pojezdová rychlost .....  $4,7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

- Max. tažná síla .....335 kN
- Rypná síla od válce lopaty .....296 kN
- Rypná síla od válce násady .....241 kN
- Cena stroje..... 12 000 000 Kč [13]



Obrázek č. 22: Graf pracovního dosahu rypadla CAT [13]

| Varianty výložníků    |  | Výložník pro objemové rýpání<br>6,55 m |                    |
|-----------------------|--|--|--------------------|
| Varianty násad        |  | M3.0UB                                 | M2.5UB             |
| 1                     | Maximální hloubkový dosah                      | 7 150 mm                               | 6 650 mm           |
| 2                     | Maximální dosah v úrovni terénu                | 11 240 mm                              | 10 770 mm          |
| 3                     | Maximální výška řezu                           | 10 440 mm                              | 10 250 mm          |
| 4                     | Maximální výška nakládání                      | 6 900 mm                               | 6 700 mm           |
| 5                     | Minimální výška nakládání                      | 2 730 mm                               | 3 230 mm           |
| 6                     | Maximální hloubka řezu pro úroveň dna 2 440 mm | 7 010 mm                               | 6 490 mm           |
| 7                     | Maximální hloubkový dosah při svislé stěně     | 4 280 mm                               | 3 850 mm           |
| Typ lopaty            |  | SD                                     | SD                 |
| Objem lopaty          |  | 3,2 m <sup>3</sup>                     | 3,2 m <sup>3</sup> |
| Poloměr špičky lopaty |  | 2 121 mm                               | 2 121 mm           |

Obrázek č. 23: Vzdálenosti pracovního dosahu rypadla CAT [13]

**Nosnosti s výložníkem pro objemové rýpání – protizávaží 9 t – bez lopaty – zesílený zdvih zapnutý**

|           |    | 3 000 mm |         | 4 500 mm |         | 6 000 mm |         | 7 500 mm |        | mm      |        |
|-----------|----|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|--------|---------|--------|
|           |    |          |         |          |         |          |         |          |        |         |        |
| 7 500 mm  | kg |          |         |          |         |          |         |          |        | *13 000 | 12 600 |
| 6 000 mm  | kg |          |         |          |         | *15 400  | *15 400 | *13 850  | 11 700 | *12 700 | 10 300 |
| 4 500 mm  | kg |          |         | *23 150  | *23 150 | *17 350  | 15 900  | *14 600  | 11 350 | *12 900 | 9 100  |
| 3 000 mm  | kg |          |         |          |         | *19 400  | 15 050  | *15 600  | 10 950 | 12 900  | 8 500  |
| 1 500 mm  | kg |          |         |          |         | *20 750  | 14 450  | *16 350  | 10 600 | 12 750  | 8 350  |
| 0 mm      | kg |          |         | *25 200  | 21 700  | *20 950  | 14 150  | 16 150   | 10 350 | 13 250  | 8 650  |
| -1 500 mm | kg | *19 650  | *19 650 | *25 800  | 21 800  | *20 000  | 14 100  | *15 600  | 10 350 | *14 150 | 9 500  |
| -3 000 mm | kg | *27 200  | *27 200 | *22 300  | 22 150  | *17 450  | 14 300  |          |        | *13 950 | 11 400 |

Obrázek č. 24: Nosnost rypadla CAT [13]



## 5.4 Porovnání obou rypadel a výběr jednoho z nich

### 5.4.1 Pracovní dosah rypadel

Pro přehlednost vytvořím tabulku pracovních dosahů obou rypadel. Pro zjednodušení jsem si pro stanovení 100 % zvolil rypadlo Komatsu.

*Tabulka č. 4: Porovnání dosahů rypadel*

| Popis rozměru             | Komatsu | CAT   | Rozdíl |
|---------------------------|---------|-------|--------|
| Max. rypná výška          | 10,5    | 10,25 | - 0,25 |
| Max. výsypná výška        | 7       | 6,7   | - 0,3  |
| Max. rypná hloubka        | 6,3     | 6,7   | + 0,3  |
| Max. svislá rypná hloubka | 4,4     | 3,6   | - 0,8  |
| Max. rypný dosah při zemi | 10,4    | 10,8  | + 0,4  |

Z tabulky je zřejmé, že se obě rypadla nejvíc liší v maximální svislé rypné hloubce, což při těžbě v lomu nepovažuji za důležité. Za podstatnější faktor považuji rozměr maximální rypné hloubky a rypné výšky, které se téměř neliší.

### 5.4.2 Nosnost rypadel

Při porovnání nosnosti rypadel budu postupovat podobně jako v předchozí kapitole. Opět si vytvořím tabulku, do které zaznamenám nosnosti rypadel v jednotlivých polohách výložníku a násady. Protože mají firmy CAT a Komatsu poněkud odlišnou metodiku porovnávání zátěže, budu srovnávat pouze údaje, kde je uvedena stejná výška i vzdálenost. Do tabulky budu dosazovat hodnoty, ve kterých je vzdálenost konce násady od středu rypadla 6 m.

Tabulka č. 5: Porovnání nosností rypadel

| Výška<br>(m) | Komatsu             |                      | CAT                 |                      |                          |                          |                         |                         |
|--------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|              | Pod.<br>nos.<br>(t) | Příč.<br>nos.<br>(t) | Pod.<br>nos.<br>(t) | Příč.<br>nos.<br>(t) | Rozdíl<br>podélná<br>(t) | Rozdíl<br>podélná<br>(%) | Rozdíl<br>příčná<br>(t) | Rozdíl<br>příčná<br>(%) |
| 6            | 15,93               | 15,93                | 15,4                | 15,4                 | - 0,5                    | - 4,3                    | - 0,5                   | - 4,3                   |
| 4,5          | 17,56               | 15,5                 | 17,35               | 15,9                 | - 0,21                   | - 1,2                    | + 0,4                   | + 2,6                   |
| 3            | 19,14               | 14,89                | 19,4                | 15,05                | + 0,26                   | + 1,4                    | + 0,16                  | + 1                     |
| 1,5          | 19,94               | 14,45                | 20,75               | 14,45                | + 0,81                   | + 4                      | 0                       | 0                       |
| 0            | 19,65               | 14,25                | 20,95               | 14,15                | + 1,3                    | + 7                      | - 0,1                   | - 1                     |
| - 1,5        | 18,2                | 14,24                | 20                  | 14,1                 | + 1,8                    | + 10                     | - 0,1                   | - 1                     |
| - 3          | 15,26               | 14,42                | 17,45               | 14,3                 | + 2,19                   | + 15                     | - 0,12                  | - 1                     |

Z hlediska nosností rypadel s hloubkovou lžící vychází pro těžbu v lomu lépe rypadlo CAT. Je to z toho důvodu, že naprostá většina úkonů je prováděna pod nulovou kótou v podélné poloze. Nakládka probíhá z rampy do maximální výšky třech metrů, kde rypadlo CAT v nosnosti ztrácí jen zanedbatelně.

#### 5.4.3 Celkové zhodnocení rypadel

Rypadlo CAT je oproti rypadlu Komatsu dražší o tři miliony korun a podle informací, které poskytuje výrobce, je po elektronické stránce hůř vybaveno. Další nevýhodou je velikost lopaty, která má objem 3,2 m<sup>3</sup> na rozdíl od rypadla Komatsu, jehož lopata má objem 3,5 m<sup>3</sup>.

Jeho výhody spočívají v tom, že je robustnější konstrukce a výkon jeho motoru je o 34 kW vyšší než u rypadla Komatsu, takže předpokládám kratší nakládací cyklus. Pro rypadlo CAT také mluví kladné reference majitelů těchto strojů a velice kvalitní a rychlý záruční a pozáruční servis.

**Z výše uvedených důvodů volím rypadlo CAT 352 F.**

## 6 VÝBĚR DUMPERU

Výběr těžebních a navážkových strojů je poměrně komplikovaná záležitost. Při porovnávání rypadel jsem totiž zjistil, že jejich výbava je, co se týče automatizace a různých technických novinek, u všech světových výrobců téměř shodná. Dle mého názoru to lze srovnat s automobilovým průmyslem, kde se jednotliví výrobci předhánějí v novinkách, co se týče výbavy, motoru, interiéru nebo exteriéru auta. Až několikaletý provoz nakonec ukáže správnost jednotlivých řešení a zda se novinky prosadí nebo ne. Zákazník je tak trochu „pokusným králíkem“, který za své peníze dělá skutečný užitkový test. Jako příklad lze uvést značně poruchové tříválcové motory HTP 1,2 ve Škodě Fabia. V oblasti těžké techniky by takovým příkladem mohl být nákup kolového nakladače CAT 950 v kamenolomu Hrabůvka. I když je na provozovně již od roku 2004, jde o velmi spolehlivý a bezporuchový stroj. Oproti tomu nakladač CAT 980, zakoupený před deseti lety, vykazuje několik poruch ročně a oprava mnohdy stojí desítky tisíc korun.

Při výběru dumperu se pokusím zaměřit především na co největší efektivitu stroje. To znamená, že vedle pořizovací ceny a nejdůležitějších technických parametrů, do kterých bych zařadil rozměry, nosnost a výkon motoru, se zaměřím hlavně na *provozní náklady*.

Z hlediska efektivity stroje považuji provozní náklady za nejdůležitější parametr. Do provozních nákladů zařazuji hlavně spotřebu a bezporuchovost stroje. Jak jsem uvedl výše, skutečné provozní náklady prověří vlastně až zákazník. Rypadla jsem vybíral pouze podle dostupných informací, které poskytuje výrobce. Musel jsem tedy vycházet hlavně z technických parametrů a osobní zkušenosti s tím, že firma CAT má velice kvalitní servis. Na druhou stranu při výběru nemůžu zaručit, které rypadlo bude méně poruchové a s menší spotřebou.

V návrhu na zlepšení navážky je jednou z podmínek výměna 40t auta za auto o nosnosti 60 t. V dalším textu bych se mohl zabývat porovnáním dumperů od různých výrobců, ale protože jsou všechna čtyři navážková auta v kamenolomu Hrabůvka od firmy Komatsu a jejich majitel je spokojen jak se servisem, tak se spotřebou, přikláním se proto k nákupu dumperu od firmy Komatsu. Nabídl bych tedy k odkupu jedno 40t auto a zakoupil bych místo něj 60t auto firmy Komatsu. Auta zde popisovat nebudu, protože jsem tak již učinil v předešlých kapitolách.

## 7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU

Do ekonomického zhodnocení zařadím na stranu úspor mzdy dvou zaměstnanců a náklady na jedno 40t auto za rok.

Na stranu nákladů pak cenu nového rypadla a 60t auta.

Úspory: Mzdy zaměstnanců:  $2 \cdot 300000 = 600000\text{kč}$

Náklady na 40t auto:

Náklady na 40t auto = Spotřebovaná nafta  $\cdot$  její cena + náklady na servis

$$1600000 = 52000 \cdot 25 + 200000$$

Úspory celkem: 2 100 000 Kč.

Náklady na zakoupení strojů:

$$12\,000\,000 + 13\,000\,000 = 25\,000\,000\text{ Kč}$$

V případě, že se podaří 40t auto prodat za 5 000 000 Kč, bude celková návratnost investice 12 let

Pokud bych měl vycházet z praxe a chtěl bych, aby návratnost investice byla rychlejší, zakoupil bych starší pásové rypadlo, protože jeho využití se bude pohybovat do maximálně 50%.

Navážkové auto bych koupil nové.

## 8 ZÁVĚR

Úkolem mé diplomové práce bylo posouzení navážky a nakládky kameniva v kamenolomu Hrabůvka a v případě nedostatků navrhnout vhodná řešení pro zlepšení stávajícího stavu. V diplomové práci jsem navrhl řešení, která výše uvedenému zadání odpovídají.

V úvodu diplomové práce charakterizuji kamenolom Hrabůvka z různých hledisek. Současně s tím se také zabývám technologií zpracování lomového kamene, čímž se dostávám k jádru práce a to je podrobný popis a zhodnocení nakládky a navážky lomového kamene na drtič.

Výpočet kapacity automobilové dopravy jsem prováděl dvěma způsoby. Pomocí intervalů a pomocí vzorců pro výpočet automobilové dopravy. Při tom se mi podařilo dokázat, že daleko jednodušší výpočet pomocí vzorců je téměř stejně přesný jako při vyhodnocování kapacity dopravy pomocí intervalů. Na druhé straně při vyhodnocování pomocí intervalů lze přesně určit prostoje aut a ty pak zahrnout do vyhodnocování pomocí vzorců.

Na základě podrobného rozboru jsem zjistil, že navážka je, kromě sedmé etáže, značně předimenzována. Proto jsem navrhl vhodná řešení ke zlepšení současného stavu, která spočívají ve výměně jednoho 40t auta za 60t a současně s tím jsem navrhl výměnu rypadla za rypadlo s větší výkonností. Navážka by se pak prováděla dvěma auty.

Celková cena investice se pohybuje kolem 25 000 000 Kč a její návratnost potrvá 12 let. V případě zakoupení staršího rypadla může být návratnost poloviční, tedy 6 let.

Věřím, že má diplomová práce bude zajímavým podkladem pro firmu, která provádí navážku a nakládku na kamenolomu Hrabůvka.

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČERNÝ, Pavel. Plán otvírky, přípravy a dobývání výhradního ložiska stavebního kamene v DP Hrabůvka. 2000.
- [2] ČERNÝ, Pavel. *Změna (aktualizace) plánu otvírky, přípravy a dobývání výhradního ložiska stavebního kamene v dobývacím prostoru Hrabůvka (evid. číslo 7 0004)*. 2014.
- [3] JEŘÁBEK, Karel. Stroje pro zemní práce: Silniční stroje. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996.466c., ISBN 80-7078-389-3
- [4] KRYL, V. a kol.: Povrchové dobývání ložisek. 1. vyd. VŠB Technická univerzita Ostrava. 1997. 282 s., ISBN 80-7078-396-6.
- [5] POLÁK, Josef. *Přehled středoškolské matematiky*. 9., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2008, 659 s. ISBN 978-80-7196-356-1.
- [6] SANDVIK. *Příručka k údržbě pro drtiče Hydrocon řady 1800*. Švédsko, 2003, 400 s.
- [7] AMMANN AUFBEREITUNG GMBH. *Návod k obsluze a údržbě: Vibrační třídič Euroclass*. Viernheim (Německo), 220 s
- [8] HEWITT ROBINS INTERNATIONAL LIMITED. *Návod k obsluze a údržbě*. Glasgow (Skotsko), 1997, 108 s
- [9] Machine specifications: Caterpillar 988G. <https://www.werktuigen.be> [online]. USA: Cterpillar, 2002 [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <https://www.werktuigen.be/machine-specifications>
- [10] Produks: HD 405-7. [Http://www.komatsu.com](http://www.komatsu.com) [online]. Japonsko: Komatsu, 2006 [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: [http://www.komatsu.com/ce/products/pdfs/HD405-7\\_.pdf](http://www.komatsu.com/ce/products/pdfs/HD405-7_.pdf)
- [11] Products: Liebherr R 966 Litronic. [Https://www.liebherr.com](https://www.liebherr.com) [online]. France: Liebherr, 2015 [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/deu/products/construction-machines/earthmoving/crawler-excavators/details/69423.html>

- [12] Pásová rypadla: Komatsu PC 490 LC. *Http://www.kuhn-mt.cz* [online]. Japan: Komatsu, 2015 [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: [http://www.kuhn-mt.cz/fileadmin/kuhn\\_cz/Construction\\_Machines/Brochures/Crawler\\_excavators/PC490-11\\_UCSSS17200\\_1511\\_99547.pdf](http://www.kuhn-mt.cz/fileadmin/kuhn_cz/Construction_Machines/Brochures/Crawler_excavators/PC490-11_UCSSS17200_1511_99547.pdf)
- [13] Pásová rypadla: CAT 352F. *Http://zeppelin.cz* [online]. USA: Caterpillar, 2015 [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://zeppelin.cz/online-katalog/stavebni-stroje-caterpillar/rypadla/pasova-rypadla/rypadla-45-az-90-tun/caterpillar-352>

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

|                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| m                    | Metr                             |
| č                    | Číslo                            |
| Kč                   | Korun českých                    |
| Kč·rok <sup>-1</sup> | Korun českých za rok             |
| kg·m <sup>-3</sup>   | Kilogram na metr krychlový       |
| km                   | Kilometr                         |
| kN                   | Kilonewton                       |
| kV                   | Kilovolt                         |
| kW                   | Kilowatt                         |
| kWh                  | Kilowatthodina                   |
| l·s <sup>-1</sup>    | Litr za sekundu                  |
| m n. m               | Metry nad mořem                  |
| mm                   | Milimetr                         |
| m·hod <sup>-1</sup>  | Metrů za hodinu                  |
| POPD                 | Plán otvírky přípravy a dobývání |
| T                    | Tuna                             |
| t·h <sup>-1</sup>    | Tun za hodinu                    |



## 11 SEZNAM OBÁZKŮ

|   |    |
|---|----|
| Obrázek č. 1: Turistická mapa s obcí a kamenolomem Hrabůvka (zdroj <a href="http://www.mapy.cz">www.mapy.cz</a> ) ... | 2  |
| Obrázek č. 2: Letecká mapa s obcí a kamenolomem Hrabůvka (zdroj <a href="http://www.mapy.cz">www.mapy.cz</a> ) .....  | 3  |
| Obrázek č. 3: Primární uzel drcení (foto autor) .....   | 7  |
| Obrázek č. 4: Sekundární uzel drcení (foto autor) .....   | 8  |
| Obrázek č. 5: Terciární uzel drcení (foto autor) .....  | 10 |
| Obrázek č. 6: CAT 988G rám stroje .....   | 15 |
| Obrázek č. 7: Nový a starý typ výložníku .....  | 16 |
| Obrázek č. 8: CAT 988G hnací soustava.....  | 16 |
| Obrázek č. 9: CAT 988G hydraulické a elektronické systémy.....  | 17 |
| Obrázek č. 10: CAT 988G skalní lopata.....  | 18 |
| Obrázek č. 11: CAT 330 .....  | 19 |
| Obrázek č. 12: Komatsu HD 405.....  | 21 |
| Obrázek č. 13: DT konektor .....  | 23 |
| Obrázek č. 14: Rypadlo Liebherr 966 s hloubkovou lopatou .....  | 72 |
| Obrázek č. 15: Liebherr 966 s výškovou lopatou .....  | 72 |
| Obrázek č. 16: Komatsu PC 490 LC.....   | 73 |
| Obrázek č. 17: Ukazatel spotřeby paliva .....   | 74 |
| Obrázek č. 18: Graf pracovního dosahu rypadla Komatsu .....   | 76 |
| Obrázek č. 19: Vzdálenosti pracovního dosahu rypadla Komatsu .....  | 76 |
| Obrázek č. 20: Nosnost rypadla Komatsu .....  | 77 |
| Obrázek č. 21: Rypadlo CAT 352F .....   | 77 |
| Obrázek č. 22: Graf pracovního dosahu rypadla CAT .....   | 79 |
| Obrázek č. 23: Vzdálenosti pracovního dosahu rypadla CAT.....   | 80 |
| Obrázek č. 24: Nosnost rypadla CAT .....  | 80 |

## 12 SEZNAM TABULEK

|   |    |
|---|----|
| Tabulka č. 1: Intervaly nakládky na šesté etáži ..... | 34 |
| Tabulka č. 2: Intervaly nakládky na třetí etáži.....  | 35 |
| Tabulka č. 3: Shrnutí navážky a nakládky .....        | 67 |
| Tabulka č. 4: Porovnání dosahů rypadel.....           | 81 |
| Tabulka č. 5: Porovnání nosnosti rypadel.....         | 82 |

## **13 SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1: Provozně důlní mapa

Příloha č. 2: Technologické schéma - Hrabůvka – část 1 a 2

Příloha č. 3: Prospekt Komatsu PC 490 LC

Příloha č. 4: Prospekt CAT 352 F